

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

“PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA “GPON”
PARA LA CIUDAD DE GENERAL LEÓNIDAS PLAZA GUTIÉRREZ”

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

Tesis previa a la obtención del
título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Autores:

Jhonny Lenin Guamán Rivera.

CI. 010547820-0

Paola Gabriela Hernández Guayara.

CI. 010655053-6

Director:

Ing. Alcides Fabián Araujo Pacheco M.Sc.

CI. 010235850-4

Cuenca - Ecuador

2016



Resumen

El constante crecimiento del ancho de banda necesario para satisfacer los requerimientos de los usuarios al momento de utilizar los servicios de telecomunicaciones ha impulsado a los prestadores de servicios a buscar alternativas viables y de bajo costo que permitan satisfacer las necesidades de los clientes. El presente trabajo de titulación propone la implementación de una red de acceso de fibra óptica que utiliza tecnología GPON, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT. EP, con el fin de prestar servicios Triple-Play reemplazando la red de cobre actual, en la ciudad de Gral. Leónidas Plaza en la provincia de Morona Santiago.

Como un paso previo al diseño de la red, se realiza un análisis de la demanda existente en cuanto a accesos telefónicos, planes de internet comerciales y residenciales y suscripciones de televisión. De este análisis se deriva el dimensionamiento de los recursos que serán necesarios para el diseño e implementación. Además debido al trabajo de campo realizado en la zona y la recopilación de información en el GAD Municipal de Limón Indanza, en la Empresa Eléctrica Centro Sur y en la Empresa CNT, se establece la infraestructura de la red de cobre que puede ser aprovechada para la nueva red de fibra.

El diseño de la red se realizó de acuerdo a la Normativa de Dibujo y a la Normativa Técnica de Diseño de la Empresa CNT, el mismo que fue validado por el departamento de proyectos. Para determinar la factibilidad del proyecto se realiza un análisis financiero en base a precios referenciales de construcción y de ingresos por venta.

Palabras clave: fibra óptica, GPON, Triple-Play, CNT EP.



Abstract

The continued growth of bandwidth needed to satisfy users requirements has driven to service providers to seek low cost solutions and viable alternatives to meet customer needs. This graduation project proposes the implementation of a network access fiber using GPON technology for the Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT. EP in order to serve Triple-Play replacing the current copper network in Gral. Leónidas Plaza city in the province of Morona Santiago.

As a pre-step network design, an analysis of the demand in terms of telephone access, plans commercial and residential internet and TV subscriptions are performed. This analysis sizing of the resources required for the design and implementation is derived. In addition due to fieldwork in the area and information gathering in the city of Limón and the CNT Enterprise, network infrastructure of copper that can be harnessed for the new fiber network is established.

The network design was performed according to the Policy of Drawing and the Technical Regulations CNT , the same that was validated by the project department. To determine the feasibility of the project a financial analysis was performed based on reference prices of construction and sales revenue.

Keywords: optical fiber, GPON, Triple-Play, CNT EP.



Índice general

| | |
|--|-----------|
| Resumen | 2 |
| Abstract | 4 |
| Índice general | 6 |
| Índice de figuras | 11 |
| Índice de tablas | 13 |
| 1. Introducción | 37 |
| 1.1. Antecedentes | 37 |
| 1.2. Descripción del Problema | 38 |
| 1.3. Objetivos | 39 |
| 1.3.1. Objetivo General | 39 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos | 39 |
| 1.3.3. Entregables | 39 |
| 2. Análisis de la Tecnología GPON | 41 |
| 2.1. Conceptos Generales | 41 |
| 2.1.1. Redes de Nueva Generación (NGN) | 41 |
| 2.1.2. Ancho de Banda en América Latina | 42 |
| 2.1.3. Servicios <i>Triple-Play</i> | 43 |
| 2.1.4. Requerimiento de ancho de banda para servicios <i>Triple-Play</i> | 46 |
| 2.2. Redes Ópticas Pasivas (PON) | 48 |
| 2.2.1. Estructura de una Red PON | 49 |
| 2.2.2. Funcionamiento de una red PON | 49 |
| 2.2.3. Tecnologías de redes PON | 51 |
| 2.2.4. Redes de Acceso FTTx | 53 |
| 2.3. Clasificación de la Fibra Óptica | 54 |



| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.3.1. | Clasificación de la Fibra Óptica de Acuerdo al Modo de Propagación | 55 |
| 2.3.2. | Clasificación de la Fibra Óptica de acuerdo a las Normativas de la UIT | 57 |
| 2.3.3. | Tipos de Cable de Fibra de acuerdo al Ambiente de Trabajo | 58 |
| 2.3.4. | Capacidad de los Cables de Fibra Óptica . . . | 60 |
| 2.4. | Elementos de Unión e Interconexión: Estándar SC86B | 61 |
| 2.4.1. | Conectores | 61 |
| 2.4.2. | Patchcord | 61 |
| 2.4.3. | Pigtail | 62 |
| 2.4.4. | Empalmes | 62 |
| 2.4.5. | Splitter | 63 |
| 2.4.6. | Mangas o Mufas | 64 |
| 2.4.7. | Herrajes | 64 |
| 2.5. | Pérdidas en la Fibra | 67 |
| 2.5.1. | Pérdidas Intrínsecas de la Fibra | 67 |
| 2.5.2. | Pérdidas Extrínsecas de la Fibra | 68 |
| 2.6. | Arquitectura de una Red GPON | 70 |
| 2.6.1. | OLT (<i>Optical Line Terminal</i>) | 70 |
| 2.6.2. | ODF (<i>Optical Distribution Frame</i>) | 71 |
| 2.6.3. | Red Feeder | 71 |
| 2.6.4. | Red de Distribución | 72 |
| 2.6.5. | Red de Dispersión | 72 |
| 2.6.6. | ONT (<i>Optical Network Terminal</i>) | 73 |
| 2.6.7. | ONU (<i>Optical Network Unit</i>) | 73 |
| 3. | Análisis de la Demanda y Servicios Existentes | 75 |
| 3.1. | Definición del Área de Cobertura | 75 |
| 3.2. | Trabajo de Campo | 75 |
| 3.2.1. | Levantamiento de infraestructura | 76 |
| 3.2.2. | Inspección Visual de los Predios | 76 |
| 3.3. | Estudio de la Demanda | 76 |
| 3.3.1. | Encuestas | 76 |
| 3.3.2. | Resultados | 78 |
| 3.4. | Determinación de la Demanda y Servicios Existentes | 84 |



| | | |
|-----------|---|------------|
| 3.4.1. | Estimación de la Demanda | 84 |
| 3.5. | Proyección de la Demanda Futura | 87 |
| 3.5.1. | Descripción del Modelo | 87 |
| 3.5.2. | Aplicación del Modelo de Bass | 88 |
| 3.5.3. | Resultados | 89 |
| 3.6. | Planes FTTH | 93 |
| 3.7. | Migración de los clientes de la Red de Cobre e Incorporación de los nuevos clientes | 93 |
| 3.7.1. | Análisis de los Planes | 93 |
| 3.7.2. | Análisis de la demanda futura | 94 |
| 3.7.3. | Análisis del estudio de la demanda | 95 |
| 4. | Diseño de la Red FTTH | 97 |
| 4.1. | Planta Externa | 97 |
| 4.1.1. | Consideraciones Iniciales | 97 |
| 4.1.2. | Creación del Plano Base | 98 |
| 4.1.3. | Diseño de la Red de Dispersión | 98 |
| 4.1.4. | Diseño de la Red de Distribución | 101 |
| 4.2. | Planta Interna | 104 |
| 4.2.1. | Diseño del Nodo Óptico | 104 |
| 4.2.2. | Equipos | 105 |
| 4.3. | Presupuesto Óptico | 107 |
| 4.4. | Cálculo de la Capacidad | 108 |
| 4.4.1. | Ancho de Banda de la Red de Cobre | 109 |
| 4.4.2. | Ancho de banda para Internet | 109 |
| 4.4.3. | Ancho de banda para VoIP | 111 |
| 4.4.4. | Ancho de banda para IPTV | 114 |
| 5. | Análisis Económico | 117 |
| 5.1. | 5.1 Determinación de dos Egresos | 117 |
| 5.1.1. | CAPEX Y OPEX del Diseño De Red | 117 |
| 5.1.2. | Determinación de los Costos de Inversión (CAPEX) | 118 |
| 5.1.3. | Determinación de los Costos Operativos (OPEX) | 118 |
| 5.1.4. | Depreciación | 118 |
| 5.2. | Determinación de los Ingresos | 120 |
| 5.2.1. | Planes Sugeridos | 120 |



| | |
|--|------------|
| 5.2.2. Determinación del ARPU de La Ciudad de General Leónidas Plaza | 121 |
| 5.3. Flujo de Efectivo | 122 |
| 5.4. Análisis de Rentabilidad | 123 |
| 5.4.1. Estimación del Indicador Financiero EBITDA | 124 |
| 5.4.2. Valor Actual Neto (VAN) Y Tasa Interna De Retorno (TIR) | 124 |
| 5.4.3. Escenarios | 126 |
| 6. Conclusiones y Recomendaciones | 129 |
| 6.1. Conclusiones | 129 |
| 6.2. Recomendaciones | 132 |
| A. Encuestas | 133 |
| A.1. ENCUESTA GRUPO RESIDENCIAL | 133 |
| A.2. ENCUESTA GRUPO COMERCIAL | 135 |
| A.3. ENCUESTA GRUPO DE JÓVENES | 137 |
| B. Diseño - Red de Dispersión | 139 |
| C. Diseño - Red de Distribución | 141 |
| D. Diseño - Red de Canalización | 143 |
| Bibliografía. | 144 |



Índice de figuras

| | |
|--|----|
| 2.1. Redes de Nueva Generación NGN | 42 |
| 2.2. Ancho de Banda en América Latina [1] | 43 |
| 2.3. Las redes de telecomunicaciones actuales | 44 |
| 2.4. Proceso del sistema VoIP | 45 |
| 2.5. Composición del Tráfico en la hora pico | 47 |
| 2.6. Top 10 de las Aplicaciones en la hora pico | 48 |
| 2.7. Estructura de una Red PON | 49 |
| 2.8. Acceso de una red PON <i>down-stream</i> | 50 |
| 2.9. Acceso de una red PON <i>up-stream</i> | 50 |
| 2.10. Redes de acceso FTTx | 54 |
| 2.11. Partes del Cable de Fibra Óptica. [2] | 55 |
| 2.12. Estructura de la Fibra Multimodo.[3] | 56 |
| 2.13. Cable ADSS. [4] | 59 |
| 2.14. Cable Figura 8. [5] | 60 |
| 2.15. Empalme de fibra óptica | 62 |
| 2.16. Sangrado de fibra óptica | 63 |
| 2.17. Herraje Tipo A [6] | 65 |
| 2.18. Herraje Tipo B [6] | 65 |
| 2.19. Preformado para fibra óptica ADSS [6] | 65 |
| 2.20. Thimble Clevis [6] | 66 |
| 3.1. Dominio de mercado de la Empresa CNT. EP | 79 |
| 3.2. Frecuencia de Utilización de los Servicios (Telefonía Fija, Internet, TV DTH) | 80 |
| 3.3. Preferencia de Pago de los habitantes por los servicios <i>Triple-Play</i> a través de FTTH | 81 |
| 3.4. Frecuencia de uso de los servicios (Grupo Comercial) | 82 |



| | |
|--|-----|
| 3.5. Apreciación del servicio de acuerdo a la velocidad de los planes de banda ancha | 82 |
| 3.6. Frecuencia de uso de los servicios en la red | 83 |
| 3.7. Muestra Juvenil con acceso a internet móvil | 83 |
| 3.8. Muestra Juvenil con acceso a internet móvil | 84 |
| 3.9. Consumo Energético Promedio de los Habitantes de la ciudad Gral.Leónidas Plaza que poseen servicios de telecomunicaciones | 86 |
| 3.10. Demanda Proyectada vs Demanda Real para el servicio de telefonía hasta el año 2021 | 91 |
| 3.11. Demanda Proyectada vs Demanda Real de los servicios de internet y televisión para el año 2021 | 92 |
| 4.1. Diseño Bloque Informativo | 98 |
| 4.2. Propiedades del código de medidor (Auto-CAD) | 99 |
| 4.3. Sintaxis del <i>Script</i> con Información de un Usuario | 99 |
| 4.4. Ejemplo de los bloques informativos | 100 |
| 4.5. Zona de Dispersión Aérea | 101 |
| 4.6. Zona de Dispersión Canalizada | 102 |
| 4.7. Zonas de Dispersión | 103 |
| 4.8. Canalización y Pozos proyectados | 104 |
| 4.9. Diseño del Nodo Óptico | 105 |
| 4.10. Mini OLT MA5608T | 105 |
| 4.11. Esquemático de los elementos de unión e interconexión necesarios | 107 |



Índice de tablas

| | |
|---|----|
| 2.1. Ancho de Banda requerido por Netflix | 47 |
| 2.2. Ancho de Banda para servicios <i>Triple-Play</i> [7] | 48 |
| 2.3. Características de las versiones G.983. | 51 |
| 2.4. Velocidades Proporcionadas por GPON [8] | 52 |
| 2.5. Comparación de los precios por metro | 56 |
| 2.6. Tipos de Cables de Fibra utilizados por CNT EP. [9] | 57 |
| 2.7. Características de Operación del Cable G652D Ca- nalizado [10] | 58 |
| 2.8. Características de Operación del Cable G652D Aéreo [10] | 59 |
| 2.9. Capacidad de los cables de fibra de acuerdo al entorno de aplicación. [9] | 61 |
| 2.10. Pérdidas típicas de los diferentes <i>Splitters</i> [9] | 64 |
| 2.11. Características de los Tapones [9] | 66 |
| 3.1. Población Rural y Urbana del Cantón Limón Indanza [11] | 75 |
| 3.2. Tamaño de la muestra poblacional seleccionada de acuerdo al número de medidores | 77 |
| 3.3. Abonados de Telefonía, Internet y Televisión DTH de CNT EP. en la ciudad de Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez | 85 |
| 3.4. Sistema de Porcentajes basados en el Consumo Energéti- co | 86 |
| 3.5. Mercado Objetivo para el año 2021 en la ciudad de Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez [11] | 88 |
| 3.6. Ventas Históricas en la ciudad de Gral. Leónidas Pla- za Gutiérrez | 89 |



| | | |
|-------|--|-----|
| 3.7. | Determinación de los coeficientes del modelo de Bass aplicado a las ventas históricas de CNT EP. | 89 |
| 3.8. | Demanda Proyectada del servicio de telefonía hasta el año 2021 | 90 |
| 3.9. | Demanda Proyectada del servicio de internet hasta el año 2021 | 91 |
| 3.10. | Planes FTTH para la nueva Red de Fibra Óptica . . | 93 |
| 3.11. | Distribución de los clientes de la red de cobre en paquetes de Servicios | 94 |
| 3.12. | Proyección de clientes de internet | 94 |
| 3.13. | Análisis | 95 |
| 3.14. | Incorporación anual de los clientes a los Planes FTTH | 95 |
| 3.15. | Decrecimiento anual de los clientes de la Red de Cobre | 96 |
| 3.16. | Migración de los clientes de la red de cobre e incorporación | 96 |
| 4.1. | Tabla Resumen Red de Dispersión | 101 |
| 4.2. | Conformación de la Res De Distribución | 102 |
| 4.3. | Tabla Resumen de las características de la OLT MA5608T | 106 |
| 4.4. | Pérdidas por elementos de interconexión | 108 |
| 4.5. | Cálculo de las pérdidas Totales en la caja más lejana | 108 |
| 4.6. | Ancho de Banda usado en la Red de Cobre | 109 |
| 4.7. | Ancho de Banda para el Escenario 1 | 110 |
| 4.8. | Ancho de Banda para el Escenario 2 | 110 |
| 4.9. | Ancho de Banda para el Escenario 3 | 110 |
| 4.10. | Ancho de Banda para el Escenario 4 | 111 |
| 4.11. | Ancho de Banda para el Escenario 5 | 111 |
| 4.12. | Ancho de Banda requerido para el servicio VoIP . . . | 115 |
| 5.1. | Volúmenes de Obra del Diseño de Red | 119 |
| 5.2. | Presupuesto Referencial Del Diseño De La Red | 120 |
| 5.3. | Costos Operacionales [12] | 120 |
| 5.4. | Planes Sugeridos | 121 |
| 5.5. | Ingreso Medio por Usuario de los servicios de Telecomunicaciones | 122 |
| 5.6. | Flujo de Efectivo Proyectado | 123 |
| 5.7. | Análisis del Flujo de Efectivo | 124 |



| | |
|--|-----|
| 5.8. Interpretación de los resultados de VAN y TIR [13] | 126 |
| 5.9. Determinación del VAN y TIR primer escenario . . . | 126 |
| 5.10. Determinación del VAN y TIR segundo escenario . . | 127 |
| 6.1. Porcentajes de Penetración del servicio de telefonía fija | 130 |



Yo, *Jhonny Lenin Guamán Rivera*, autor de la tesis "*PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA "GPON" PARA LA CIUDAD DE GENERAL LEÓNIDAS PLAZA GUTIÉRREZ*", certifico que todas las ideas, opiniones, y contenidos expuestos en la presente investigación, son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

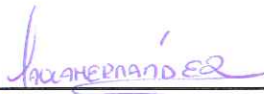
Cuenca, Octubre 2016.



Jhonny Lenin Guamán Rivera
C.I. 0105478200

Yo, *Paola Gabriela Hernández Guayara*, autor de la tesis "*PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA "GPON" PARA LA CIUDAD DE GENERAL LEÓNIDAS PLAZA GUTIÉRREZ*", certifico que todas las ideas, opiniones, y contenidos expuestos en la presente investigación, son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Cuenca, Octubre 2016.



Paola Gabriela Hernández Guayara
C.I. 0106550536

Yo, *Jhonny Lenin Guamán Rivera*, autor de la tesis "*PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA "GPON" PARA LA CIUDAD DE GENERAL LEÓNIDAS PLAZA GUTIÉRREZ*", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de *Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones*. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

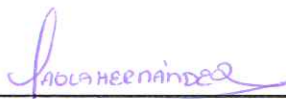
Cuenca, Octubre 2016.



Jhonny Lenin Guamán Rivera
C.I. 0105478200

Yo, *Paola Gabriela Hernández Guayara*, autor de la tesis "*PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA "GPON" PARA LA CIUDAD DE GENERAL LEÓNIDAS PLAZA GUTIÉRREZ*", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de *Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones*. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, Octubre 2016.



Paola Gabriela Hernández Guayara
C.I. 0106550536

CERTIFICO

Que el presente proyecto de tesis: "PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA "GPON" PARA LA CIUDAD DE GENERAL LEÓNIDAS PLAZA GUTIÉRREZ" fue dirigido por mi persona.



Ing. Alcides Fabián Araujo Pacheco M. Sc.

Director de Tesis

CI. 010235850-4



Agradecimientos

A Dios, por la salud y vida.

A mis padres, por su apoyo incondicional.

Al Ing. Julio López, por los conocimientos impartidos quién con su experiencia,
brindo un gran aporte en éste proyecto.

Al Ing. Alcides Araujo, por todo el apoyo durante este tiempo, y por brindarnos
la oportunidad de realizar éste proyecto.

A Paola, por el valioso esfuerzo puesto en cada día de trabajo.

A la Universidad de Cuenca, por abrirnos sus puertas y llenarnos de
conocimiento.

Jhonny.



Agradecimientos

A Dios, porque a pesar de las adversidades del camino recorrido siempre ha estado a mi lado.

A mi Mamá, por ser el apoyo más importante e incondicional en todos mi años de formación.

A mis Hermanas, por el ejemplo de perseverancia y fortaleza.

Al Ing. Julio López, encargado del Área de Proyectos de la Empresa CNT, por el apoyo desinteresado, los conocimientos y la paciencia que supo darnos durante el desarrollo de este proyecto de graduación.

Mi sincero agradecimiento al Ing. Alcides Araujo, por toda la ayuda y guía brindada desde los inicios del proyecto.

Al Sr. Laboratorista Francisco Sánchez, por el cariño y apoyo brindado durante el proceso de formación en la Universidad.

A Jhonny, por el empeño y dedicación para realizar este proyecto.

Paola.



Dedicatoria

A Dios, por regalarme el don de la perseverancia y de la humildad que me ha permitido formarme como persona, pero sobre todo por la luz de esperanza que brinda tras días nublados.

A mi padre Daniel, por su apoyo incondicional y por los ejemplos de lucha y sacrificio que hacen del hogar un refugio lleno de felicidad.

A mi madre Rosa, por los consejos y valores infundados en mí que me permiten ser una persona de bien, pero más que nada por todo el amor y cariño.

A mis hermanos Brayme, Marlene y Carlos, por el aprendizaje adquirido tras cada juego, por los momentos de alegría y por la compañía a lo largo de la vida.

A mi tía Blanca, por cuidarme gran parte de mi vida y por hacer de mi infancia una época feliz.

A Paola, por permitirme luchar a su lado para cumplir cada objetivo planteado, por ser la mejor compañía en tiempos difíciles y por los todos los momentos de felicidad.

Jhonny.



Dedicatoria

Este trabajo está dedicado especialmente a mi Mamá por el amor incondicional, por ser mi fuerza, mi apoyo en los momentos difíciles, mi ejemplo, mi protección y mi refugio.

A mi hermana Verónica, por ser mi ejemplo de perseverancia, mi consejera y mi mejor amiga.

A mis tíos Blanca y Jorge, por el cariño brindado durante toda mi vida.

A mi Abuelita, por su cariño y fortaleza.

A Jhonny, por la paciencia a través de todos estos años de formación universitaria y personal, por todo el cariño brindado, por ser mi mejor amigo, mi compañero de aventuras, por ayudarme a ser mejor persona y por alegrar mis días.

A la vida, por los días felices y por todos los retos que vendrán.

Paola.



Glosario de Términos

- **OLT:** Optical Line Terminal.
- **ONT:** Optical Network Terminal. Equipo de Cliente.
- **ODN:** Optical Distribution Network. Planta Externa de Fibra Óptica.
- **FTTH:** Fiber To The Home. Fibra hasta el hogar.
- **ODF:** Optical Distribution Frame. Distribuidor de Fibra Óptica.
- **FDH:** Fiber Distribution Home's. Armarios de Distribución.
- **NAP:** Network Access Point. Caja de Distribución Óptica.
- **FDB:** Fiber Distribution Building. Caja de Distribución Principal(ubicada en edificios).
- **FDF:** Fiber Distribution Floor. Caja de Distribución Secundaria(ubicada en edificios).
- **CAPEX:** Capital Expenditures. Inversión en bienes capitales.
- **OPEX:** Operating Expenditure. Costos permanentes de funcionamiento y operación.
- **ARPU:** Average Revenue per User. Ingresos Medios por Usuario.
- **EBITDA:** Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization. Beneficio bruto de explotación calculado antes de la deducibilidad de los gastos financieros
- **VAN:** Valor Actual Neto.
- **TIR:** Tasa Interna de Retorno.



Capítulo 1

Introducción

1.1. Antecedentes

Actualmente dada la evolución tecnológica hacia las Redes de Nueva Generación (NGN) basadas en fibra óptica, los prestadores de servicios de telecomunicaciones han visto la necesidad de migrar sus antiguas redes con la finalidad de mejorar la calidad del servicio, dados los elevados requerimientos de los usuarios. La característica principal de una red NGN es la posibilidad de brindar servicios de banda ancha. Los usuarios residenciales podrán acceder a servicios como televisión de alta definición, juegos interactivos, *streaming*¹ de medios, películas por Internet, etc. En el ámbito empresarial, se podrán utilizar de manera simultánea servicios de videoconferencia o consultas de datos con mayor velocidad y fiabilidad.

En concordancia con las redes NGN se encuentran las Redes Ópticas Pasivas GPON (*Gigabit-capable Passive Optical Network*) que permiten entregar soluciones de acceso de gran capacidad, de esta manera se pueden brindar servicios *Triple-Play* (Voz, Internet de Banda Ancha, Televisión) con altas tasas de transmisión y calidad, con gastos de implementación bajos en comparación con otras tecnologías. GPON optimiza la relación inversión-cobertura, con una capacidad de transmisión de 1 Gbps, con crecimiento, a futuro, a 10 Gbps, conforme la demanda del mercado.

En Ecuador las políticas de Gobierno han permitido ubicar al país dentro de las principales naciones en América Latina que han incrementado el acceso a Internet, con la finalidad de universalizar el uso de las TICs. Dichas políticas han

¹Servicio de transmisión en tiempo real de contenido multimedia



logrado reducir la brecha de analfabetismo digital del 32 % al 14 %. [14] Dentro de este marco, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, ha iniciado el tendido de redes de fibra óptica utilizando la tecnología GPON. En varias ciudades del país, se encuentra en funcionamiento alrededor de 800km entre fibra troncal y de distribución, atendiendo alrededor de 7000 hogares.

El principal objetivo de la implementación de estos proyectos es conseguir la masificación de los servicios de telecomunicaciones, sin distinción socio-económica dentro de un contexto de inclusión social y digital. De esta manera la empresa CNT se apega a las políticas públicas que pretenden otorgar tecnología a todos los ecuatorianos a través de tarifas residenciales y populares accesibles y contribuirá a la disminución de la brecha de analfabetismo digital.

1.2. Descripción del Problema

En la actualidad la Empresa CNT, brinda los servicios de telecomunicaciones (voz, internet), utilizando como medio de transmisión la red de cobre a más de televisión bajo suscripción DTH en la ciudad de Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez del cantón Limón Indanza en la provincia de Morona Santiago.

De acuerdo con la misión de la empresa CNT, de mantenerse a la vanguardia de las nuevas tecnologías, es necesaria la planificación y diseño de una red de acceso que utilice fibra óptica, con la finalidad de atender la demanda insatisfecha y mejorar los servicios existentes. Se requiere este cambio debido a las limitaciones de la red actual, relacionadas con el aumento del ancho de banda necesario para ofrecer a los usuarios una experiencia satisfactoria al momento de utilizar cualquier servicio de telecomunicaciones. Adicionalmente, es necesario considerar que constituye una política de CNT la masificación de las tecnologías FTTH (*Fiber To The Home*).

CNT dispone de infraestructura nacional para integrar múltiples servicios. El backbone nacional de fibra óptica conformada por una red MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) de alta velocidad que está en condiciones de integrar la red GPON que se quiere implementar. Una parte primordial en el diseño y planificación de un proyecto de este tipo, es el estudio y análisis de la demanda actual y futura para el dimensionamiento de la red. Este paso puede revelar la factibilidad



de la implementación del proyecto, además de estimar los recursos económicos necesarios. El diseño debe realizarse de modo que se aproveche al máximo la infraestructura civil existente de la red de cobre actual, además debe garantizarse que la red cuente con un diseño flexible y escalable.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Planificar y diseñar una red de acceso utilizando tecnología GPON para la ciudad de Gral. Leónidas Plaza en la provincia de Morona Santiago integrada a la red nacional de fibra óptica de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la demanda actual y futura de los servicios de telecomunicaciones.
- Realizar el diseño de la red de distribución y dispersión de acuerdo a las Normativas de CNT EP.
- Dimensionar los elementos de red necesarios en base al diseño.
- Determinar la factibilidad de la implementación del proyecto mediante un análisis de rentabilidad financiera.

1.3.3. Entregables

Los entregables del proyecto corresponden a los planos del diseño de red.

- Plano de Canalización Existente y Proyectada
- Plano de la Red de Dispersión
- Plano de la Red de Distribución



Capítulo 2

Análisis de la Tecnología GPON

2.1. Conceptos Generales

Para una sociedad tan cambiante como la actual, la necesidad de contar con fuentes de información y comunicación como internet, telefonía y televisión son esenciales para su desarrollo. No obstante, en el Ecuador existen zonas que no cuentan con dichos servicios, o la velocidad de conexión es muy deficiente, es por ello que un objetivo importante del Ministerio de Telecomunicaciones para reducir la exclusión y la brecha digital es el desarrollo de la infraestructura ya sea para convertir un sector en un territorio digital¹ o en una ciudad digital². [15]

2.1.1. Redes de Nueva Generación (NGN)

Las Redes de Nueva Generación están basadas en una infraestructura integrada de telecomunicaciones capaz de manejar los servicios tales como internet, telefonía y televisión en una sola plataforma IP (figura 2.1). En una red tradicional cada uno de los servicios cuenta con su propia infraestructura lo que conlleva la existencia de más de una infraestructura para cubrir todos los servicios requeridos por el usuario.

La NGN es una red multiservicio con la capacidad de manejar voz, video y datos en una misma infraestructura, mediante el uso de paquetes IP es decir encapsula todo tipo de información y los envía por la red. Lo que hace que la red sea flexible en cuanto a la oferta de servicios, reducción de costes por la

¹Territorio Innovador que aprovecha las tecnologías de información y comunicación (TICs) y otros medios para mejorar la calidad de vida.

²Modelo de comunidad que incorpora las TICs a los procesos propios de la ciudad.

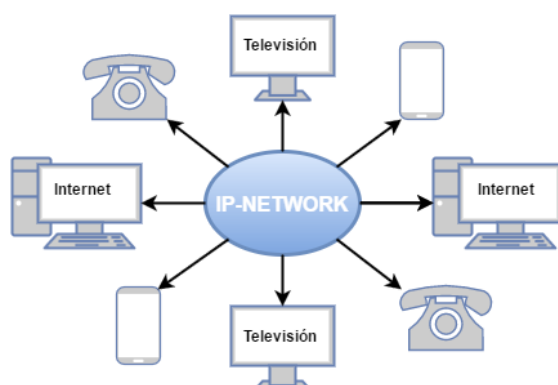


Figura 2.1: Redes de Nueva Generación NGN

Fuente: Autores

infraestructura compartida y exista un mayor desarrollo de aplicaciones y servicios gracias al uso de una interfaz abierta [16]. Un aspecto importante de una red NGN es el manejo de QoS³, con lo cual existen niveles de prioridad de ancho de banda para los servicios de voz y video. GPON provee anchos de banda suficientes para ofrecer los servicios de NGN.

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

2.1.2. Ancho de Banda en América Latina

En América Latina el ancho de banda o velocidad de transmisión de datos ha tenido avances significativos en estos años, pero no ha sido suficiente para cerrar las brechas digitales. Un índice de desarrollo significativo ya no es el porcentaje de personas que tienen acceso a servicios como internet, sino el ancho de banda disponible para el acceso a dichos servicios.

En América Latina existen diferencias significativas relacionadas a la velocidad de conexión, según el informe “State of the Internet” presentado por la empresa Akamai Technologies. Ecuador muestra un crecimiento importante de 4.1 a 5.3 Mbps en el período 2015 – 2016 pasando del 6^{to} al 3^{er} puesto en el Ranking de países de América Latina. Chile es el país con la mayor velocidad de conexión con 7.3 Mbps, mientras que Venezuela se ubica en el último lugar con una velocidad de 1.9 Mbps. En la figura 2.2 se presenta un mapa de colores de acuerdo a la velocidad de conexión de los países en América Latina.

³Es el conjunto de técnicas para gestionar los recursos de red.

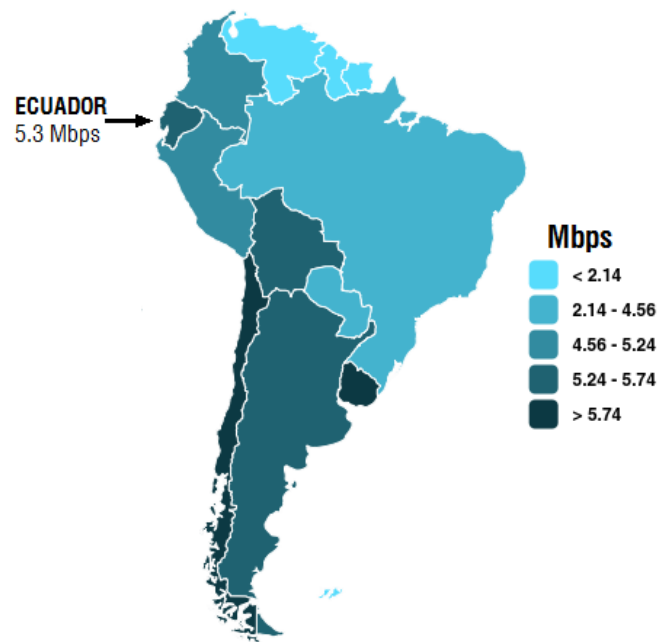


Figura 2.2: Ancho de Banda en América Latina [1]

2.1.3. Servicios *Triple-Play*

Triple-Play hace referencia a la convergencia de los servicios de voz, banda ancha y televisión para su posterior comercialización, es decir se realiza un proceso de empaquetamiento de los servicios los cuales son transmitidos mediante una sola infraestructura. Si bien en la actualidad ecuatoriana el servicio telefónico, la televisión y el acceso a internet todavía son brindados por diferentes proveedores (figura 2.3), la solución es el desarrollo integral de la comunicación mediante los servicios convergentes *Triple-Play*.

Los servicios que integran *Triple-Play* son los siguientes:

Voz sobre IP (VoIP)

A diferencia de la telefonía convencional donde la voz se transporta de forma analógica mediante la conexión de circuitos, en el servicio VoIP se realiza este proceso de forma digital a través de la red de datos mediante el protocolo IP. Para brindar un servicio VoIP, en una red de conmutación de paquetes se sigue la siguiente secuencia:

1. **Digitalización de la señal de voz.**— Utiliza un códec para convertir las señales analógicas en digitales. Además, realiza un proceso de codificación

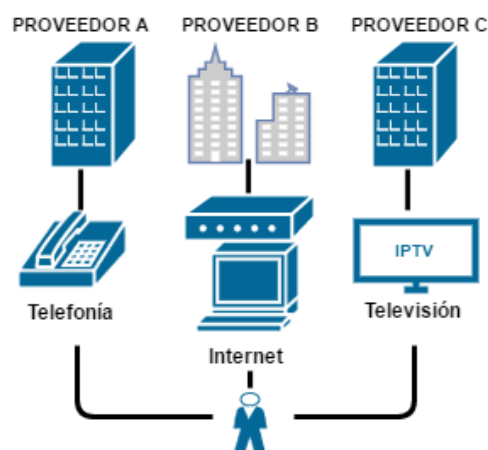


Figura 2.3: Las redes de telecomunicaciones actuales

Fuente: Autores

de la voz para reducir el ancho de banda y la componente continua de la señal. La codificación se realiza por bloques de acuerdo al códec que determina el tamaño del bloque. [17]

2. **Empaquetamiento.-** Una vez que se obtienen los bloques se los agrupa formando paquetes, el número de bloques en un paquete depende del protocolo utilizado. El proceso de empaquetamiento es conocido también como encapsulación. [17]
3. **Enrutamiento de paquetes.-** Los paquetes son transportados por la red hasta llegar al receptor. [17]

La señal de voz que llega al receptor realiza la secuencia inversa para ser aprovechada. La información se desempaqueta, es decodificada y reconstruida a su forma analógica original. En la figura 2.4 se puede apreciar las funciones básicas que realiza un sistema de VoIP.

Televisión sobre IP (IPTV)

Internet Protocolo Televisión (IPTV) es un servicio de televisión digital que es entregado a los usuarios utilizando el protocolo IP sobre la red de datos. IPTV trabaja con la TV mediante un *Set Top Box* que accede a los canales, servicios por suscripción y servicios multimedia interactivos. Las características principales de IPTV son las siguientes [18]:

- Soporte para la televisión interactiva: La comunicación bidireccional del sistema de IPTV permite proveer una variedad de aplicaciones de televisión

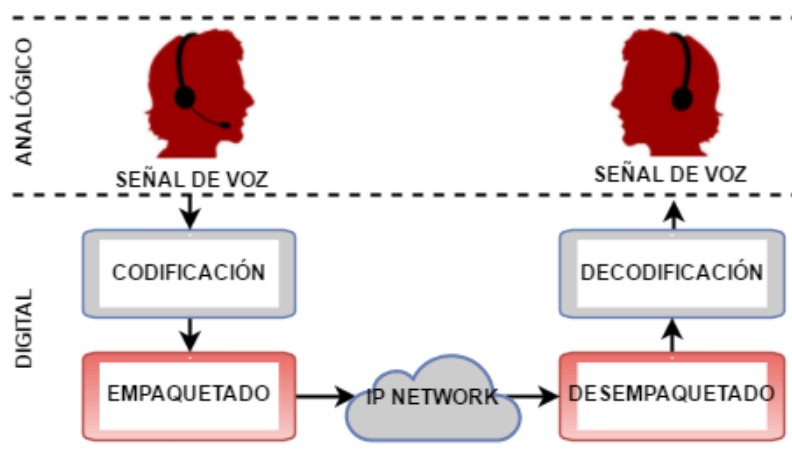


Figura 2.4: Proceso del sistema VoIP

Fuente: Autores

interactiva, como la TV estándar, TV en alta definición (HDTV), juegos interactivos y alta velocidad de navegación en internet.

- *Time Shifting*: En conjunto con un grabador de video digital permite realizar un desplazamiento del contenido de programación.
- Personalización: Los usuarios pueden personalizar el contenido de la TV, esto les permite decidir que programas ver y cuando lo desean ver.
- Acceso en variedad de dispositivos: El contenido de IPTV no solo se limita a los televisores, sino que el usuario puede usar su computador o su teléfono inteligente para acceder a los servicios de IPTV.

Servicio de Internet o Datos

El servicio de internet o datos es el acceso a diferentes páginas web, servicios *streaming*, mensajería electrónica etc. Existen diferentes anchos de banda dependiendo de la infraestructura y de los planes del proveedor. Utiliza el protocolo TCP/IP para realizar la transmisión de datos, debido a que el internet es una red sumamente grande, el protocolo IP se encarga de que los paquetes atraviesen dicha red optimizando las trayectorias y TCP organiza todos los paquetes que llegan al receptor para hacer legible la información al usuario. [17]

Los servicios *streaming* corresponden a la transmisión en tiempo real de contenido multimedia, para la entrega de éste tipo de servicios se sigue la siguiente secuencia:



1. El contenido de un servicio *streaming* se compone generalmente de audio y video que debe ser comprimido y luego almacenado en un servidor. El audio y el video son comprimidos por separado utilizando diferentes códecs.
2. La información comprimida es ensamblada en un *bitstream*⁴.
3. Finalmente, la información ensamblada se transmite desde el servidor al usuario mediante protocolos de transporte que no realizan retransmisión.

Los protocolos que no realizan retransmisión como el UDP⁵, RTSP⁶ y RTP⁷ hacen que el transporte de los datos tenga mayor fluidez debido a que no se toma en cuenta las interrupciones. En una transmisión en tiempo real los paquetes perdidos son casi imperceptibles.

2.1.4. Requerimiento de ancho de banda para servicios *Triple-Play*

Para definir el ancho de banda necesario para el servicio *Triple-Play*, se debe considerar los requerimientos en *up-stream* y *down-stream* para cada tipo de servicio, el tipo de conexión (simétrica o asimétrica) y los diferentes tipos de red ya sea punto a punto para un servicio VoIP o punto a multipunto para IPTV.

Para establecer el ancho de banda requerido para internet se debe tomar en cuenta las tendencias de consumo. Según el reporte presentado por “Global Internet Phenomena Latin América & North América”, afirma que el servicio *streaming* (*Real-Time Entertainment*) es la categoría de tráfico dominante en toda América, y es la categoría impulsadora del crecimiento de la red. Los servicios *streaming* bordean el 69 % de tráfico en América del Norte y el 46 % en América Latina para *down-stream* [19]. En la figura 2.5 se presenta los resultados del tráfico en la hora pico para América Latina.

Las aplicaciones de *streaming* que representan el mayor tráfico en *down-stream* para América Latina es YouTube con el 33 % siendo un claro dominador (figura 2.6). No obstante, Netflix que en el año 2013 representó el 2.2 % en tráfico *down-stream*, luego de 18 meses (mayo/2015) triplicó el tráfico al 6.57 % convirtiéndolo

⁴Contenedor de secuencia de bits.

⁵User Datagram Protocol: Protocolo de transporte encargado del envío de datagramas sin control.

⁶Real Time Streaming Protocol: Protocolo de Transmisión en Tiempo Real.

⁷Real Time Protocol: utilizado para transmisión de audio y video en tiempo real.

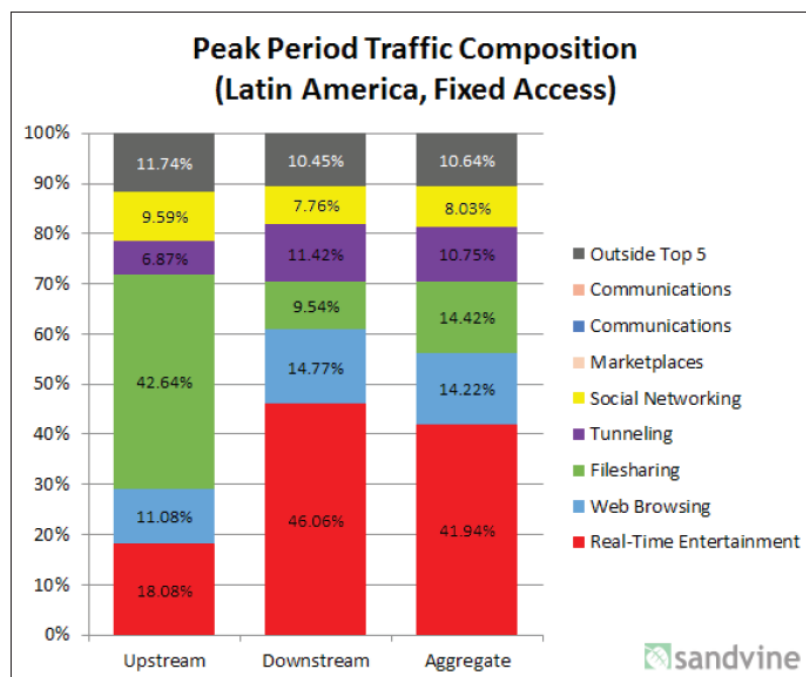


Figura 2.5: Composición del Tráfico en la hora pico
América Latina, Acceso Fijo [19]

en la nueva tendencia para América Latina. Es importante mencionar que en América del Norte el tráfico producido por Netflix creció del 34.9 % al 36.5 % en el mismo periodo de tiempo. En definitiva, Netflix es la aplicación pagada líder en tráfico de *down-stream* para toda América. El ancho de banda requerido para usar Netflix va en función a la calidad de video, presentados en la tabla 2.1.

| | |
|-----------|--|
| 0,5 Mbps: | velocidad de conexión de banda ancha requerida |
| 1,5 Mbps: | velocidad de conexión de banda ancha recomendada |
| 3 Mbps: | velocidad recomendada para calidad SD |
| 5 Mbps: | velocidad recomendada para calidad HD |
| 25 Mbps: | velocidad recomendada para calidad Ultra HD |

Tabla 2.1: Ancho de Banda requerido por Netflix

Bajo estas consideraciones se establece los siguientes anchos de banda para *Triple-Play*. [7]

Los anchos de banda para VoIP e IPTV están ligados a los diferentes códigos de compresión, generalmente se utiliza el G.729 para VoIP y MPEG-4 para IPTV. La tabla (2.2) muestra que se requiere alrededor de 16Mbps para garantizar el servicio *Triple-Play*. Esto puede variar dependiendo de los paquetes provistos por los proveedores del servicio.

| Rank | Upstream | | Downstream | | Aggregate | |
|------|--------------|--------|-----------------|--------|---------------|--------|
| | Application | Share | Application | Share | Application | Share |
| 1 | BitTorrent | 31.72% | YouTube | 32.99% | YouTube | 30.11% |
| 2 | YouTube | 10.47% | HTTP | 12.84% | HTTP | 12.18% |
| 3 | HTTP | 8.39% | SSL - SSL OTHER | 11.07% | BitTorrent | 11.65% |
| 4 | Facebook | 7.40% | BitTorrent | 8.18% | SSL - OTHER | 10.31% |
| 5 | SSL - OTHER | 5.94% | Netflix | 6.57% | Facebook | 5.66% |
| 6 | Ares | 5.59% | Facebook | 5.36% | Netflix | 5.91% |
| 7 | Skype | 2.21% | MPEG - OTHER | 2.31% | MPEG - OTHER | 2.14% |
| 8 | Netflix | 1.50% | RTMP | 1.98% | RTMP | 1.82% |
| 9 | MPEG - OTHER | 1.12% | Google Market | 1.88% | Flash Video | 1.70% |
| 10 | Dropbox | 0.77% | Flash Video | 1.87% | Google Market | 1.68% |
| | | 75.10% | | 85.04% | | 83.16% |

Figura 2.6: Top 10 de las Aplicaciones en la hora pico
América Latina, Acceso Fijo [19]

| Requerimientos de Ancho de Banda para servicios <i>Triple-Play</i> | |
|--|--------------------------------------|
| Servicio | Ancho de banda <i>down-stream</i> |
| VoIP (Código G.729) | 62.4kbps |
| Internet o datos | 5Mbps |
| IPTV definición estándar (SDTV) | 2Mbps |
| IPTV alta definición (HDTV) | 8Mbps |

Tabla 2.2: Ancho de Banda para servicios *Triple-Play* [7]

2.2. Redes Ópticas Pasivas (PON)

Las redes PON del acrónimo *Passive Optical Network*, son aquellas que utilizan componentes ópticos pasivos entre el proveedor de servicio y el cliente para guiar el tráfico sobre la red. Los usos de componentes pasivos reducen los costos de infraestructura en una red.

El desarrollo tecnológico enfocado en la convergencia de servicios y en la infraestructura de las NGNs, hace que los proveedores busquen alternativas en cuanto se refiere a la demanda del ancho de banda [7]. Es por ello que las redes PON ingresan al mercado para satisfacer la demanda de los usuarios gracias al gran ancho de banda que manejan.

2.2.1. Estructura de una Red PON

Una red PON está formada por tres componentes principales:

OLT (*Optical Line Terminal*):

Se encuentra situado en las instalaciones del proveedor de servicio y es el punto de control de la red PON. La OLT se encarga de la conversión de las señales eléctricas a ópticas y realiza el multiplexado de los paquetes de información con la ONT.

Divisor óptico (*splitter*):

Es un dispositivo pasivo que divide la señal de entrada en N fibras que se dirigen hacia las ONTs. Funciona como divisor cuando la señal se dirige hacia la ONT y como acoplador cuando la señal viaja de la ONT hacia la OLT.

ONT (*Optical Network Terminal*):

Situado en las instalaciones del usuario, realiza la conversión de la señal óptica a eléctrica además de realizar la demultiplexación de la señal.

La transmisión de información en la red PON se realiza desde la OLT, pasa por el *splitter* el cual divide la señal óptica hacia las diferentes ONTs que conforman la red como se muestra en la figura 2.7.

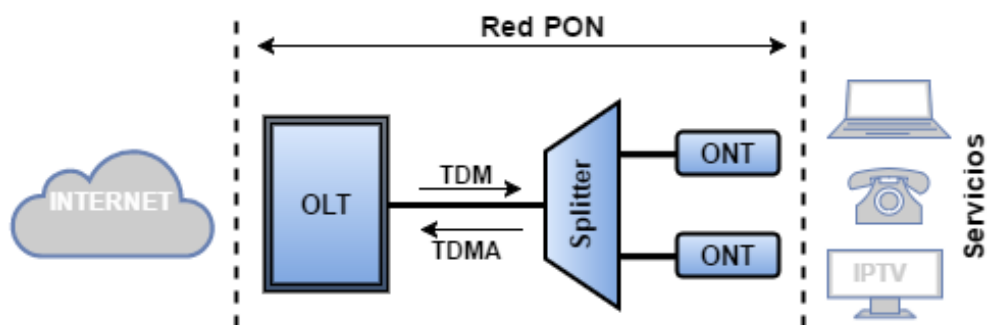


Figura 2.7: Estructura de una Red PON
Fuente:Autores

2.2.2. Funcionamiento de una red PON

La red PON funciona con dos tipos de canales:

Down-Stream o Canal Descendente:

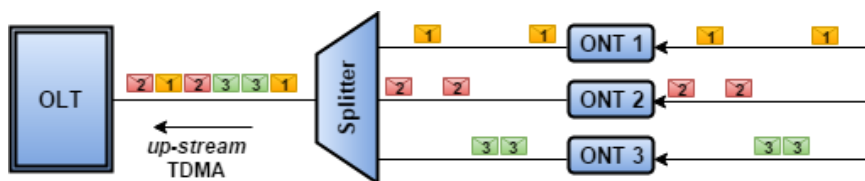
Hace referencia a la transmisión de información desde la OLT hacia la ONT. La red PON funciona como una red punto-multipunto, en la cual la OLT envía todos los datos hacia el *splitter* y este los lleva hacia todas las ONTs. Las ONTs tienen la función de filtrar el contenido y mostrar al usuario solo la información correspondiente a él, el resto de información es desechada. Para realizar este proceso se utiliza la multiplexación por división de tiempo (TDM), en donde el ancho de banda total se asigna a una ONT durante intervalos de tiempo.

Figura 2.8: Acceso de una red PON *down-stream*

Fuente: Autores

Up-stream o Canal Ascendente:

Es la transmisión que se realiza desde la ONT hacia la OLT. La red PON funciona como una red punto a punto, donde el *splitter* acopla la información proveniente de diferentes ONTs y las envía hacia la OLT. Para realizar este proceso se utiliza el Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), esta técnica distribuye la información de cada ONT en ranuras alternas de tiempo denominadas *slots*, así es posible la transmisión de información por un mismo ancho de banda. Para evitar interferencia en las transmisiones *down-stream* y *up-stream*

Figura 2.9: Acceso de una red PON *up-stream*

Fuente: Autores

es necesario utilizar Multiplexación por División de Longitud de onda (WDM), utilizando longitudes de onda diferentes para cada canal.

2.2.3. Tecnologías de redes PON

Los institutos de telecomunicaciones ITU-T (*ITU Telecommunication Standardization Sector*) y el IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) han presentado los siguientes estándares para redes PON.

ITU-T G.983

1. A-PON (ATM-PON)

A-PON representa las Redes Ópticas Pasivas ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). En la capa de enlace de datos correspondiente al modelo OSI A-PON utiliza el protocolo de señalización estándar ATM. Para la transmisión de datos en *down-stream* A-PON utiliza ráfagas de celdas ATM de 53 bytes de las cuales 3 bytes identifican a la ONT [20]. La velocidad obtenida con A-PON es de 155Mbps la cual es repartido a las ONTs conectas. Para *up-stream*, la trama se compone de 54 celdas ATM con dos celdas PLOAM (*Physical layer OAM messaging channel*) encargada de la operación y gestión de canales basada en mensajes entre la OLT y las ONT, incluye además configuración de cifrado y la gestión de claves. [21]

2. B-PON (Broadband PON)

La tecnología B-PON basa su arquitectura en A-PON y surge por la necesidad de manejar un mayor ancho de banda. B-PON está definida en varias versiones de la ITU-T 983, se presenta las características principales de cada versión. (tabla 2.3)

| Vesión | Características |
|---------|---|
| G.983.1 | Conexión simétrica de 622 Mbps y asimétrica de 155 Mbps de <i>up-stream</i> y 622 Mbps <i>down-stream</i> . |
| G.983.2 | Revisiones en la capa de gestión y mantenimiento. |
| G.983.3 | QoS. |
| G.983.4 | Asignación de ancho de banda dinámico. |
| G.983.5 | Mecanismos de protección. |
| G.983.6 | Revisiones en la capa de control de red OTN. |
| G.983.7 | Revisiones en la capa de gestión de red para el ancho de banda dinámico. |
| G.983.8 | Brinda soporte al protocolo IP, Video, VALN y VC. |

Tabla 2.3: Características de las versiones G.983.



ITU-T G.984

G-PON Gigabit-Capable PON

La tecnología de acceso G-PON utiliza la fibra óptica para llegar al abonado. Es una de las estandarizaciones provistas por la ITU-T para manejar velocidades sobre los gigabits. Esta tecnología da soporte a los servicios *Triple-Play* ya que permite el tráfico de información mediante el método de encapsulamiento GEM (*GPON Encapsulation method*) así se puede usar ATM, Ethernet y TDM en la red. [8]

Dentro de las características principales de la red GPON se presenta un alcance de *20km* entre la OLT y la ONT superando la tecnología ADSL (De 3.7 a 5.5km). Brinda gran ancho de banda para los servicios requeridos por los usuarios, soportando QoS, cifrado AES para mantener la privacidad de los usuarios. Además, el modelo de gestión utilizado por GPON hace más accesible la administración remota de la ONT. En la tabla 2.4 se presenta las velocidades que ofrece GPON. [8]

| <i>Up-stream</i> | <i>Down-stream</i> |
|------------------|--------------------|
| 155 Mbps | 1.2 Gbps |
| 622 Mbps | 1.2 Gbps |
| 1.2 Gbps | 1.2 Gbps |
| 155 Mbps | 2.4 Gbps |
| 622 Mbps | 2.4 Gbps |
| 1.2 Gbps | 2.4 Gbps |
| 2.4 Gbps | 2.4 Gbps |

Tabla 2.4: Velocidades Proporcionadas por GPON [8]

Para el acceso a un medio compartido como a un cable de fibra óptica, G-PON sincroniza todos los elementos a una referencia temporal así se evita las colisiones de transmisión entre ONTs. La sincronización asigna periodos de tiempo exclusivos para el acceso al medio, usando TDMA para *up-stream* y TDM para *down-stream*. Además, el método *ranging* da más precisión a la sincronización ya que realiza un acceso a la ONT tomando en cuenta la distancia que existe con la OLT. [20]

Una característica importante de la red G-PON es el desarrollo del proceso OAM (*Operations, Administration and Management*) que permite al proveedor centralizar la gestión de las ONTs. Mediante la gestión remota de las ONTs se

puede actualizar y configurar los servicios del usuario como ancho de banda y parámetros relacionados a los servicios de voz y video.

IEEE 802.3

EPON Ethernet-PON es una red basada en el transporte de tráfico Ethernet en lugar de celdas de ATM lo que representa una reducción de costes al no adquirir elementos ATM. EPON funciona con velocidades *gigabit* dividido para el número de ONTs en la red. Además, ofrece QoS tanto para *down-stream* como para *up-stream*. Utiliza el protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*) para realizar la gestión y administración de la red.

IEEE 802.3av

GEPON *Gigabit Ethernet-PON* es el desarrollo de E-PON, maneja altas tasas de datos para diferentes servicios ya que limita a 32 el número de abonados por trayecto de fibra. Además, soporta distancias de hasta *20Km* entre el equipo distribuidor y el abonado

2.2.4. Redes de Acceso FTTx

Las redes de acceso se identifican mediante el FTTx "*Fiber To The*", donde la variable x define hasta donde llega el acceso de banda ancha con fibra óptica. Las principales redes de acceso con fibra óptica son las siguientes:

1. FTTH (*Fiber to the home*): Existe una conexión total con fibra óptica, partiendo desde la oficina central hasta la casa del abonado.
2. FTTB (*Fiber to the building*): La fibra óptica llega hasta la entrada del edificio en el cuarto de telecomunicaciones o un punto de distribución. Desde este punto se da acceso a los abonados mediante el cableado estructurado del edificio. FTTB proporciona un ancho de banda de 50 a 100 Mbps. [22]
3. FTTC (*Fiber to the curb*): La fibra óptica llega hasta la central del proveedor a una distancia menor a 300m entre el abonado y la central.
4. FTTN (*Fiber to the node*): La fibra finaliza en la central del proveedor de servicios a una distancia mayor a 300m, por lo general llega hasta el barrio del cliente.

En la figura 2.10 se representa las redes de acceso descritas.

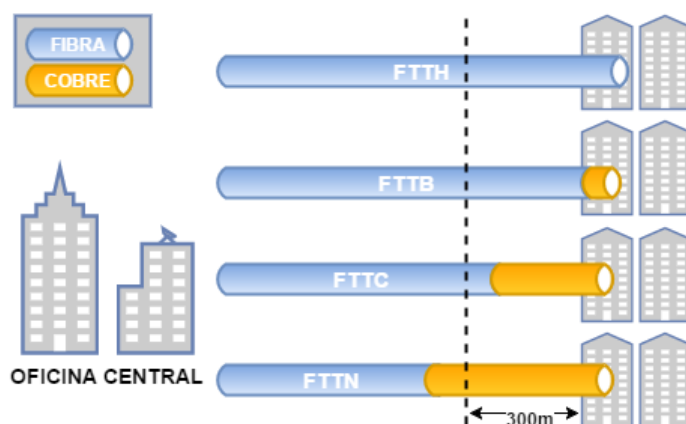


Figura 2.10: Redes de acceso FTTx

Fuente: Autores

2.3. Clasificación de la Fibra Óptica

La fibra óptica es un importante medio de comunicación comparado con el cobre o el espacio libre. Sus bajas pérdidas de transmisión permiten enviar la información a través de grandes distancias sin la necesidad de amplificadores o regeneradores, además debido a su gran ancho de banda se puede colocar a las redes de fibra sobre las redes de cobre o cualquier otro medio de transmisión.

La fibra óptica es una guía de ondas muy delgada hecha de vidrio en forma cilíndrica, está diseñada para mantener las señales de luz dentro de la fibra permitiendo la transmisión de información para grandes distancias sin que la calidad de la señal se vea degradada. Consta de tres partes:

- Núcleo: Proporciona el camino por el cual se va a propagar el haz de luz.
- Revestimiento: Cubre el núcleo, para mantener las señales de luz guiada dentro de la fibra.
- Recubrimiento: Es un plástico de material acrílico cuya función es proteger a la fibra de agentes externos.

El núcleo está formado por un dieléctrico generalmente de silicio, mientras que el revestimiento está formado por otro dieléctrico cuyo índice de refracción es ligeramente menor. Esta característica constructiva le da a la fibra la posibilidad de confinar la luz en su interior.

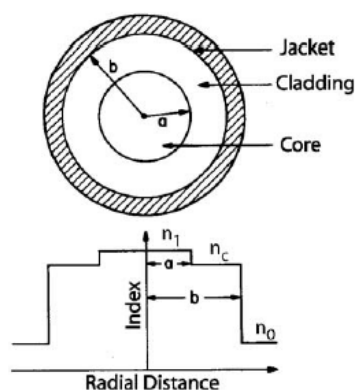


Figura 2.11: Partes del Cable de Fibra Óptica. [2]

2.3.1. Clasificación de la Fibra Óptica de Acuerdo al Modo de Propagación

Cada una de las trayectorias que puede tener la luz en el interior de la fibra se conocen con el nombre de modos y de acuerdo a la propiedad de guiar uno o múltiples modos se puede realizar una clasificación básica de las fibras en:

- Multimodo
- Monomodo

FIBRA MULTIMODO

En este tipo de fibra el diámetro del núcleo es mucho más grande en comparación con la longitud de onda de funcionamiento del haz de luz, estos diámetros se encuentran en el orden de *50 a 85 micras*. Como resultado de este proceso constructivo este tipo de fibra puede llevar cientos de modos los mismos que pueden ser considerados como caminos independientes de propagación [3]. La longitud de los diferentes caminos no es la misma, por lo tanto cada modo se desplaza con velocidades ligeramente diferentes entre sí como se observa en la figura 2.12.

La distinción entre las velocidades de cada modo genera un fenómeno conocido como Dispersión Intermodal. En los sistemas de comunicación este efecto produce que los pulsos se ensanchen, lo que conduce a que estos se superpongan sobre los pulsos adyacentes distorsionando la señal. Este efecto se conoce como ISI (Interferencia Inter-Símbolo).

Un limitante para el uso de este tipo de fibra es la distancia referida a un máximo

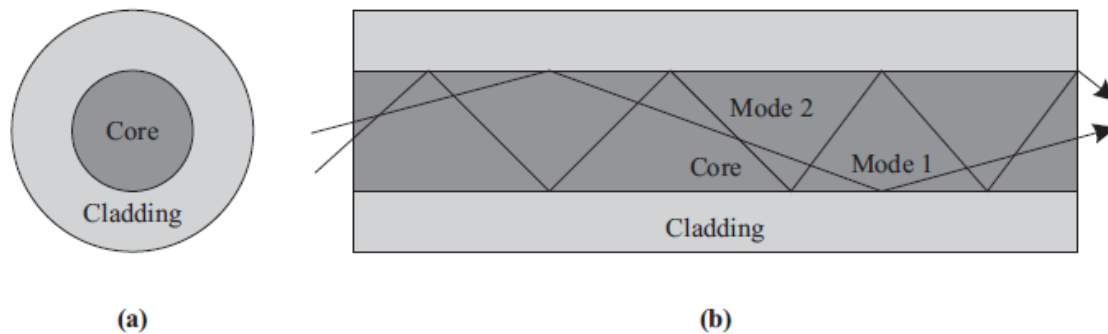


Figura 2.12: Estructura de la Fibra Multimodo.[3]

de 2km, debido principalmente a la dispersión Intermodal. Dado el inconveniente de la distancia, la fibra multimodo es empleada en su mayoría para sistemas informáticos de interconexión de bajo costo debido a su precio económico, su facilidad en la planificación y diseño.

FIBRA MONOMODO

La invención de este tipo de fibra tuvo lugar alrededor de 1984 como un mecanismo para eliminar la dispersión intermodal. La fibra monomodo posee un diámetro pequeño que es múltiplo de la longitud de onda del haz de luz, cuyos valores se encuentran entre *8 a 10 micras*. El valor reducido del núcleo obliga a que la energía de la señal de luz se concentre dando lugar a un único modo de propagación. La principal ventaja de la fibra monomodo sobre la multimodo es que la primera alcanza mayores distancias y velocidades elevadas, sin la necesidad de regeneración de la señal. Si bien este tipo de fibra posee ventajas de transmisión sobre la fibra multimodo, su principal desventaja es el costo elevado de implementación, además es difícil de manipular dado el reducido diámetro del núcleo [3]. En la tabla 2.5 se presenta una comparación entre los precios de los dos tipos de fibra.

| Hilos | Multimodo | Monomodo |
|-------|------------|------------|
| 6 | 0,66 USD/m | 1,67 USD/m |
| 12 | 0,71 USD/m | 1,84 USD/m |

Tabla 2.5: Comparación de los precios por metro de fibra monomodo y multimodo [23]

Sin embargo un fenómeno físico que afecta a ambos tipos de fibra comenzó a

convertirse en un limitante en la fibra monomodo, la denominada dispersión cromática. Este tipo de dispersión provoca un ensanchamiento del pulso de luz y dado que el ancho de banda de la señal tiene un espectro finito éste fenómeno afecta directamente la velocidad de transmisión, debido a que las longitudes de onda llegan en momentos diferentes al receptor.

2.3.2. Clasificación de la Fibra Óptica de acuerdo a las Normativas de la UIT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) recopila una serie de recomendaciones relacionadas con las características geométricas y de transmisión de la fibra, además se adjuntan definiciones y métodos de prueba para diferentes tipos de cables de fibra óptica.

La Normativa Técnica de CNT incluye los tipos de cable que deben utilizarse de acuerdo a la clasificación realizada por la UIT. Por esta razón los cables de fibra óptica permitidos para las redes *Feeder*, Distribución (general y en urbanizaciones) deben apegarse a la norma UIT-T G.652D, mientras que para las redes de Distribución Interna en Edificios y Dispersión se deberá utilizar cables de fibra que cumplan la norma UIT-T G.657.A1 o G.652.A2. A continuación se presenta la tabla 2.6 con características relevantes de los tipos de cables utilizados por CNT EP.

| Características de los cables de Fibra | | | | | |
|--|------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------|--------------------------|
| Tipo de Fibra | Atenuación | Longitud de Onda de Transmisión | Diámetro de Núcleo y Revestimiento | Propagación | Radio de Macro Curvatura |
| UIT-T G.652D | 0,5 dB/km | 1310 a 1550 nm | 8 a 10-125 μ m | Monomodo | 30 mm |
| UIT-T G.657.A1 | 0,4 dB/km | 1310 a 1625 nm | 8,6 a 9,5-125 μ m | Monomodo | 15- 10 mm |
| UIT-T .657.A2 | 0,4 dB/km | 1310 a 1550-1625 nm | 8,6 a 9,5-125 μ m | Monomodo | 15- 10 mm |

Tabla 2.6: Tipos de Cables de Fibra utilizados por CNT EP. [9]

2.3.3. Tipos de Cable de Fibra de acuerdo al Ambiente de Trabajo

De acuerdo al ambiente en el que se pretenda tender el cable de fibra se pueden establecer diferencias entre los cables para tendido aéreo y canalizado. En la “Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica de CNT” se presentan los siguientes cables:

- G.652D Aéreo
- G.652D Canalizado
- ADSS (Regido por la Normativa G.652D)
- Figura 8 (Regido por la Normativa G.652D)
- CABLE RISER LSZH (Regido por la Normativa G.652D y G.657A2)

G.652D AÉREO Y CANALIZADO

Son cables ópticos totalmente dieléctricos, colocados en tubos rellenos alrededor de un elemento central. Dicho elemento previene los esfuerzos de contracción del cable, generalmente se emplea una varilla de hilos plásticos reforzados con fibra de vidrio. El recubrimiento exterior protege al cable contra la intemperie y la luz solar. En el caso del cable canalizado se suele agregar protección contra roedores mediante el revestimiento de una cinta de acero [24]. En las tablas 2.7 y 2.8 se presentan algunas características de operación de estos tipos de cable.

| G652D Canalizado | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Características | Detalle |
| Fuerza de Tensión | 1800 N |
| Resistencia de Compresión | 4400/10cm |
| Aplicación | Tendido Canalizado |
| Temperatura de Operación | -40°C a +70°C |
| Peso del Cable | 155±20kg/km |
| Revestimiento de Cinta de Acero | Espesor Nominal 0,15 + 0,05×2mm |
| Cinta de Bloqueo de Agua | Bloqueo de Agua y Humedad |

Tabla 2.7: Características de Operación del Cable G652D Canalizado [10]

| G652D Aéreo | |
|---------------------------|---------------------------|
| Características | Detalle |
| Fuerza de Tensión | 2500 N |
| Resistencia de Compresión | 1000/10cm |
| Aplicación | Tendido Aéreo |
| Temperatura de Operación | -40°C a +70°C |
| Peso del Cable | 110±20kg/km |
| Cinta de Bloqueo de Agua | Bloqueo de Agua y Humedad |

Tabla 2.8: Características de Operación del Cable G652D Aéreo [10]

CABLE ADSS

El cable Auto-Soportado totalmente dieléctrico (*All-Dielectric Self-Supporting*) por sus siglas en inglés posee una gran capacidad que va desde los 6 a 256 hilos. Es utilizado en instalaciones aéreas auto soportadas o en ductos sin la necesidad de un mensajero. Puede emplearse para largos vanos que van desde los 90 a los 800 m. Su característica de alta tracción lo hace ideal para condiciones climáticas rigurosas en instalaciones de planta externa. Al ser un cable totalmente dieléctrico es inmune a las descargas atmosféricas, razón por la cual no requiere de instalación de tierras físicas siempre que se lo instale sólo en la línea de poste [4].

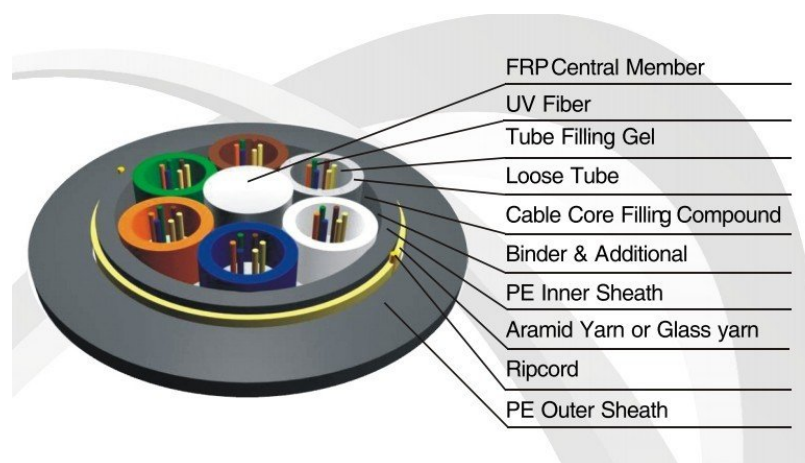


Figura 2.13: Cable ADSS. [4]

CABLE FIGURA 8

Es un cable óptico auto soportado que posee un mensajero o un cable extra de acero galvanizado, sobre el núcleo y el mensajero se encuentra una chaqueta de polietileno negro. La presencia del cable extra sirve para sujetar el cable en los

postes con el uso de herrajes especiales, pudiendo ser utilizado para ambientes de trabajo aéreos. Las capacidades de este tipo de fibra van desde los 6 a los 96 hilos. Cuando se usa para tendido aéreo es necesario crear un plano de tierra cada tres postes como mínimo para evitar daños en la fibra por posibles descargas atmosféricas [5].



Figura 2.14: Cable Figura 8. [5]

CABLE RISER LSZH

Los cables Riser LSZH conocidos como bajo humo, cero halógeno, por sus siglas en inglés (*Low Smoke, Zero Halogen*) contienen un material denominado LSOH, cuya función es liberar bajas cantidades de humo no tóxico, libre de halógeno en caso de presentarse un incendio. Este tipo de cable de fibra es ideal para edificaciones con gran afluencia de público como centros comerciales, aeropuertos, hospitales. Puede ser utilizado para tendido tanto vertical como horizontal, además está bajo la norma ITU-T G657.A1 ó ITU-T G657.A2 [25].

2.3.4. Capacidad de los Cables de Fibra Óptica

De acuerdo a la Arquitectura de la Red GPON, existen diferencias en la capacidad de hilos de fibra para cada parte de la red. En la Normativa Técnica de Diseño de CNT se detallan la capacidad de hilos de fibra para la red *Feeder*, de Distribución y de Dispersión, además del tipo de cable de fibra que debe ser utilizado.

| Capacidad de los Cables de Fibra Óptica | | |
|--|-----------------------------|--|
| Aplicación | Capacidad | Tipo |
| Feeder | 288, 144 hilos | Ducto (G.652D) <i>N</i> |
| Distribución General e Interna en Urbanizaciones | 96, 72, 48, 24, 12, 6 hilos | ADSS ó Ducto (G.652D) |
| Distribución Interna en Edificios | 48, 24, 12 hilos | Rizer Ducto LSZH (G.657.A1 ó G.657.A2) |
| Dispersión | 2 hilos | ADSS, Ducto ó Figura 8 (G.657.A1 ó G.657.A2) |

Tabla 2.9: Capacidad de los cables de fibra de acuerdo al entorno de aplicación. [9]

2.4. Elementos de Unión e Interconexión: Estándar SC86B

La IEC (*International Electrotechnical Commission*) genera el estándar SC86B donde se desarrollan las “normas internacionales para los dispositivos de interconexión de fibra óptica y componentes pasivos”. El estándar presenta las características, requisitos mecánicos y varios parámetros que garanticen la interoperabilidad de los dispositivos de interconexión.

2.4.1. Conectores

Los conectores cumplen la función de acoplar los extremos de la fibra en los equipos ópticos, facilitando la conexión y desconexión de la fibra. Las pérdidas por inserción máximas generados por los conectores no debe superar los 0.5 *dB* para fibra monomodo y 1 *dB* para multimodo. [26]

2.4.2. Patchcord

Conocidos también como cordones de fibra óptica, el patchcord es un cable de fibra óptica de corta longitud con un conector en cada extremo. Su uso está destinado para conectar dos equipos dentro de la central.

2.4.3. Pigtail

El *pigtail* se conforma por un el cable de fibra óptica y posee un conector en uno de sus extremos, el otro extremo se destina a una fusión con la fibra que llega del enlace exterior. Su uso se destina a la conexión entre la fibra proveniente del exterior con un equipo dentro de la central.

2.4.4. Empalmes

Un empalme de fibra óptica es la unión permanente o semi-permanente entre dos cables de fibra (figura 2.15), cuyo propósito es acoplar la potencia óptica. [26]



Figura 2.15: Empalme de fibra óptica
Fuente: Autores

Existen dos tipos de empalmes [27]:

1. **Empalme por fusión:** Son empalmes permanentes que requieren para su realización herramientas especializadas que garanticen pérdidas menores a 0.1dB. La herramienta principal es una máquina empalmadora automática que alinea los núcleos mediante un sistema de control compuesto por servomotores y una cámara, para posteriormente realizar el proceso de fusonado.
2. **Empalme mecánico:** Los empalmes mecánicos utilizan tres componentes, una superficie para alinear los extremos de la fibra, un dispositivo de retención que mantengan las fibras alineadas y el material de adaptación de índices. Las pérdidas generadas por este empalme deben ser menores a 0.2dB.

Sangrado

Se denomina sangrado al proceso en el cual se empalman ciertos hilos de fibra de un cable, dejando que el resto de hilos siga su trayectoria sin introducir pérdidas. En la figura 2.16 se presenta el proceso de sangrado.



Figura 2.16: Sangrado de fibra óptica

Fuente: Autores

2.4.5. Splitter

El *splitter* es un elemento pasivo importante dentro de la Red FTTH, que divide la señal proveniente de la OLT en N salidas hacia las ONTs. El *splitter* se identifica por el número de hilos de fibra que ingresan (máximo 2) y las salidas representadas por N, con $N = 2, 4, 8, 32, 64$. Dentro de la ODN se debe ocupar máximo dos *splitters* para garantizar la conexión de la red, las pérdidas introducidas por los *splitters* generan mayor atenuación en la señal. CNT EP establece las pérdidas típicas por elemento, estos valores se presentan en la tabla 2.10.

Existen tres tipos de *splitters*:

1. *Splitter modular*: Son diseños desarrollados para aplicaciones *plug-and-play*, permitiendo un aumento en la velocidad y ayuda con la organización de la instalación.
2. *Splitter conectorizado*: Posee conectores en el hilo de fibra de entrada y en todos los hilos de fibra salientes.
3. *Splitter fusionado*: Los hilos de fibra óptica se unen a este *splitter* mediante empalmes de fusiones. Una de las ventajas de éste *splitter* es la reducción

| Tipo de <i>Splitter</i> | Pérdida típica del elemento [dB] |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1x2 | 3.50 |
| 1x4 | 7.00 |
| 1x8 | 10.50 |
| 1x16 | 14.00 |
| 1x32 | 17.50 |
| 1x64 | 21.00 |
| 2x4 | 7.90 |
| 2x16 | 14.80 |
| 2x32 | 18.50 |

Tabla 2.10: Pérdidas típicas de los diferentes *Splitters* [9]

de las pérdidas por conectores.

2.4.6. Mangas o Mufas

Las mangas o mufas tienen la finalidad de proteger los empalmes de fibra óptica de las diferentes condiciones medioambientales como radiaciones UV, agua, calor o frío excesivo. El sellado de las mangas debe ser hermético, confiable y duradero. Existen mangas aéreas y canalizados, su capacidad puede variar de 12 a 96 hilos. Las mangas utilizadas por CNT son de cierre mecánico que facilita el acceso a su contenido, además se consigue un cierre hermético gracias al sellado mediante gel reticulado. [9]

2.4.7. Herrajes

Los herrajes son todo tipo de accesorio que permite sujetar la fibra óptica a un poste cuando se trata de cableado aéreo o como soporte y protección para cableado canalizado [10]. Los herrajes utilizados por CNT EP para la colocación de los cables de fibra óptica son los siguientes:

1. Herrajes Aéreos

- Herraje Terminal o de Retención (Tipo A): Este herraje es utilizado cuando hay una NAP (*Network Access Point*) o cajas de distribución, empalmes aéreos, reservas de fibra óptica, cambios de trayectoria de tendido de cable, en una transición del tendido de fibra de canalizado a aéreo. Además, se debe considerar las especificaciones del fabricante de fibra óptica referente al vano máximo que puede haber entre dos herrajes de éste tipo. [9]



Figura 2.17: Herraje Tipo A [6]

- Herraje de Suspensión o de Paso (Tipo B): Utilizado en trayectorias rectas, sirve como soporte para el cable de fibra evitando que resbale y se ocupan dentro del vano máximo permitido por el fabricante. [6]



Figura 2.18: Herraje Tipo B [6]

- Herraje de tipo Brazo Farol: Utilizado cuando existen obstáculos en el tendido aéreo. Tiene una longitud entre 0,50m a 1,50m y se suelda a un herraje tipo A o B según la dificultad del tendido aéreo. [9]
- Preformado para fibra óptica ADSS: Se utiliza en vanos superiores a 100m para darle mayor sujeción al cable de fibra ADSS. Éste elemento se utiliza conjuntamente con el herraje tipo A unido a un guardacabo Thimble Clevis que da soporte al preformado para que envuelva la chaqueta de la fibra evitando cualquier deslizamiento. [9]

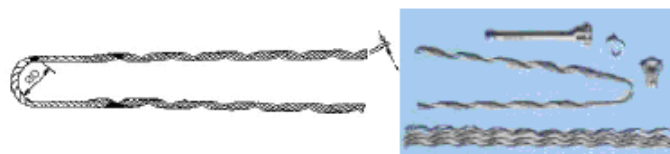


Figura 2.19: Preformado para fibra óptica ADSS [6]

- Thimble Clevis: Guardacabo que une el herraje tipo A con el prefabricado [9].



Figura 2.20: Thimble Clevis [6]

- Subida a Poste: Utilizado en la transición de los cables desde el pozo hacia el poste, protegiéndolo con tubo galvanizado de 51mm de diámetro, canaletas y tubo metálico. [9]

2. Herrajes canalizados

- Manguera Corrugada: La manguera corrugada se usa para cubrir el cable de fibra óptica y aumentar su resistencia mecánica [10]. Se la emplea para guiar los cables de fibra por los túneles y por la pared de los pozos. [9]
- Porta Reservas en Pozo: Ayuda en la organización de las reservas del cable dentro del pozo sujetándolas alrededor del mismo.
- Tapones: En la siguiente tabla se presenta información sobre los diferentes tapones que utiliza la empresa CNT EP.

| Tapón | Características | Uso |
|------------|--------------------------------|--|
| Simple | 32mm o 1 $\frac{1}{4}$ pulgada | Sellar espacios entre la fibra y el subducto. |
| Trifurcado | — | Fija el triducto en ductos de 110mm de PVC. |
| Ciego | 32mm o 1 $\frac{1}{4}$ pulgada | Sella subductos libres de 36mm de diámetro externo |
| | 110mm o 4 pulgadas | Sella ductos de 110mm de PVC libres. |

Tabla 2.11: Características de los Tapones [9]

2.5. Pérdidas en la Fibra

El haz de luz que atraviesa la fibra óptica sufre pérdidas de potencia debido a diversos efectos durante su propagación, relacionadas con efectos intrínsecos o extrínsecos de la fibra. Las pérdidas dependen de la longitud de onda del haz de luz, es así como las longitudes de onda corta se encuentran afectadas en mayor medida, por otro lado aquellas señales con longitud de onda en el orden de 1550 nm se ven menos afectadas por la absorción de potencia y a menudo son usadas para cubrir largas distancias.

Las pérdidas presentes en la trayectoria del tendido de fibra ya sean por atenuación, curvatura, por fabricación o por la presencia de empalmes, pueden ser consideradas como un factor limitante para el rendimiento del sistema de comunicación a diseñar. La distancia de transmisión también se ve comprometida debido a que las pérdidas reducen la potencia de la señal, bajo la consideración de que los receptores requieren un umbral mínimo de potencia para detectar la señal.

El número de equipos activos dentro del diseño así como su instalación y mantenimiento también están determinados por las pérdidas, por esta razón la atenuación de la señal tiene una importante influencia en el costo de implementación del sistema. De acuerdo a la Normativa de Diseño ODN de la empresa CNT, desde el equipo activo hacia la ONT instalada en la ubicación del usuario, debe garantizarse un presupuesto óptico de 25 dB como límite.

En esta sección se presentarán las principales fuentes de pérdida en el tendido de fibra óptica, las mismas que deben ser consideradas durante el diseño.

2.5.1. Pérdidas Intrínsecas de la Fibra

Este tipo de pérdidas están relacionadas con los factores constructivos de las fibras, es decir de acuerdo a las propiedades físicas, ópticas y geométricas de las mismas. Dentro de este grupo se encuentran los siguientes tipos de pérdidas:

- Pérdidas Curvatura
- Pérdidas Empalme

PÉRDIDAS POR CURVATURA

Este tipo de pérdidas se produce cuando las propiedades geométricas de la fibra se ven afectadas, es decir cuando se presentan un radio de curvatura mayor al límite máximo permitido por el fabricante [28]. Estas pérdidas hacen que la potencia de la señal se convierta en una función exponencial decreciente con respecto a la distancia. De acuerdo al diámetro de curvatura se establecen dos grupos:

- a) **Macro doblajes:** Cuando el radio de curvatura es menor al que establece el fabricante. Este tipo de anomalía ocurre cuando en el tendido de la fibra se necesita girar alrededor de una esquina o por cualquier otro esfuerzo externo durante la instalación de la misma [29].
- b) **Micro doblajes:** Son fluctuaciones repetitivas en el eje de curvatura de la fibra, comúnmente denominado pérdidas del cable o por empacamiento. Puede producirse por cambios en la temperatura del haz de luz, o por errores al momento de la manufactura de los cables de fibra [29].

PÉRDIDAS POR CONEXIÓN Y EMPALME

De acuerdo al tipo de empalme las pérdidas varían en un rango de $0,1dB$ a $1dB$. Los factores a los que se atribuyen estas pérdidas pueden ser des-alineamientos del núcleo, cortes imperfectos, impurezas debidas a los materiales utilizados para realizar el empalme, etc. De acuerdo a la Normativa de Diseño y Construcción ODN, la empresa CNT exige se garantice $0,10dB$ por empalme.

Por otro lado, las pérdidas por conexión se encuentran en el rango de los $0,3 dB$ a $1,5 dB$ y dependen del tipo de conector que se utilice. Al igual que las pérdidas por empalme el des-alineamiento en los núcleos de la fibra puede ser un elemento causante de pérdidas de potencia, así como también daños físicos en el conector, suciedad o incorrecta manipulación e instalación de los mismos [10].

2.5.2. Pérdidas Extrínsecas de la Fibra

Este tipo de pérdidas se presentan debido a factores superficiales de la fibra, entre estos tenemos desviaciones y separaciones entre los ejes de las fibras, o aquellos que involucran el medio existente entre las fibras. Estos son:

- Inherentes a la fibra

- Por reflexión de Fresnel
- Atenuación

PÉRDIDAS INHERENTES A LA FIBRA

Son pérdidas propias de la fibra que se producen a nivel molecular, por lo tanto no pueden ser eliminadas. Se deben a impurezas en el proceso de fabricación del vidrio y además a las propiedades de la señal de luz ya que esta se absorbe a nivel molecular. La presencia de las impurezas produce que el haz de luz se disperse y se pierda [30].

PÉRDIDAS POR REFLEXIÓN DE FRESNEL

Cuando el haz de luz penetra la fibra una parte de los rayos incidentes se ven reflejados al primer medio, este fenómeno se conoce con el nombre de refracción de Fresnel y se produce en la frontera de dos medios de refracción diferentes. El porcentaje de potencia de la luz que se refleja (pérdidas) se puede calcular mediante la fórmula [30]:

$$LuzReflejada(\%) = 100 \cdot \frac{(n_1 - n_2)^2}{(n_1 + n_2)^2}$$

Donde:

n_1 = índice de refracción del núcleo

n_2 = índice de refracción del aire

El rango común de estas pérdidas corresponde a 0,1dB a 0,7dB. Un mecanismo para reducir estas pérdidas es utilizar conectores del tipo PC (*Physical Contact*), diseñados principalmente para reducir la reflexión de la señal de luz [31].

PÉRDIDAS POR ATENUACIÓN

Considerar las pérdidas por atenuación en la fibra es un aspecto importante en el diseño de un sistema de comunicaciones óptico. La distancia máxima que puede existir entre transmisor y receptor depende de este factor. La atenuación en el interior de la fibra se produce por tres fenómenos físicos que son:

- Absorción
- Dispersión

- Pérdidas por radiación de la energía óptica

La Absorción está relacionada con el material del que se construye la fibra, mientras que la dispersión está relacionada con las imperfecciones del material y su funcionamiento como guía de onda [29]. La fórmula para calcular la atenuación involucra a la potencia de salida y a la potencia de entrada del receptor, además está dada en función de la longitud de onda y su unidad son los decibelios. En cuanto a los cables de fibra óptica, el fabricante especifica las pérdidas por atenuación en función de la distancia y de la longitud de onda con la que se pretende transmitir, generalmente las pérdidas en los cables de fibra monomodo son los siguientes [10]:

- 0,40 dB/km para 1310nm
- 0,35dB/km para 1490nm
- 0,30 dB/km para 1550nm

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

2.6. Arquitectura de una Red GPON

Una red GPON está conformada mayoritariamente por elementos pasivos, pero necesita de dos elementos activos, el primero denominado OLT (Terminal de Línea Óptica) ubicado en la oficina central y el segundo denominado ONT (Terminal de Red Óptica), ubicado en la casa del abonado. Estas dos partes de la red se encuentran interconectadas a través de una red de elementos pasivos denominada ODN (Red de Distribución Óptica).

2.6.1. OLT (*Optical Line Terminal*)

El terminal de línea óptica es el principal elemento activo situado en la oficina central, conecta al operador de la red GPON con los abonados. Puede considerarse como el nodo central, desde donde salen todos los hilos de fibra hacia los clientes. Este dispositivo cumple las funciones de *router*, además agrega el tráfico proveniente de los clientes, encamina, administra y sincroniza el tráfico tanto *up-stream* como *down-stream* dentro de la red y utilizando el mismo hilo de fibra en los dos sentidos.

La OLT utiliza diferentes canales para la transmisión de los servicio *Triple-Play*, es así como utiliza una longitud de onda de luz para el tráfico IP, otra longitud para datos y la última para IPTV. De forma especial para que el servicio de IPTV se acople a la red GPON, es necesaria la presencia de filtros especializados [32]. La capacidad de una OLT puede proveer el servicio a varios usuarios ya que posee una gran cantidad de puertos, los cuales pueden soportar usualmente 64 usuarios en cada uno.

2.6.2. ODF (*Optical Distribution Frame*)

El distribuidor de fibra óptica, es un gabinete cuya función es realizar la distribución de manera organizada de los hilos de fibra y las fusiones provenientes de la OLT. Además, permite la conexión física entre la fibra y las interfaces de los equipos de transmisión, facilitando la manipulación y mantenimiento tanto de equipos como de los propios hilos de fibra. [9]

Para la implementación del nodo óptico se hace necesaria la colocación de un ODF tanto de planta interna como de planta externa. La función del primero es reflejar todos los puertos ópticos del OLT, mientras que la función del segundo es conectar los hilos de fibra de los cables *feeder* que salen desde el nodo óptico hacia la calle.

2.6.3. Red Feeder

La red *Feeder* está compuesta básicamente por los hilos de fibra que interconectan los equipos PON hasta los centros de distribución, es decir desde la OLT hasta la entrada del *splitter* primario. El tipo de cables utilizados para la implementación de esta parte de la red son de instalación subterránea, por medio de líneas de ductos o subductos. En el caso de instalaciones aéreas se hace necesaria la utilización de cables que posean mensajero. Para redes GPON, el tipo de fibra utilizada es monomodo y generalmente su capacidad es de 144 a 288 hilos. [9] Además de los hilos de fibra, otros elementos de la red *feeder* son:

- Armarios FDH
- Mangas Porta *Splitter*
- Cajas de Distribución Principal FDB



ARMARIOS FDH Y MANGAS PORTA SPLITTER

Son armarios ópticos destinados a la distribución, están ubicados en un punto determinado del distrito y son el lugar de conexión entre la red *feeder* y la red de distribución a través del *splitter* de primer nivel 1xn ó 2xn. La función de estos armarios es atender un distrito que forma parte de toda la zona que requiere servicio. [9]

CAJAS DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL FDB

Son elementos utilizados al ingreso de edificios y urbanizaciones, cuya función es interconectar la red *feeder* con la red interna de distribución. [9]

2.6.4. Red de Distribución

La red de Distribución es la que une los cables de fibra que salen de los armarios FDH, mangas porta *splitter* o FBD con las cajas de distribución de empalme (NAP). Está conformada por cables de fibra óptica, empalmes y *splitters*. Los cables utilizados en esta parte de la red pueden ser murales, auto-soportados o subterráneos, la elección de cualquiera de estos tipos depende de las características de la infraestructura en dónde se planea realizar la instalación o de acuerdo a requerimientos municipales. Las cajas de distribución NAP son utilizadas para realizar la transición entre la red óptica feeder y la red terminal, conocida también como red de bajada. [31]

RED DE DISTRIBUCIÓN EN EDIFICIOS

En el caso de los edificios, es necesaria la utilización de una caja de distribución de piso (FDF), la misma que se conecta con la red de distribución externa a través de la caja de distribución principal (FDB).

2.6.5. Red de Dispersión

La red dispersión está compuesta por los cables de fibra óptica que van desde la caja de distribución (NAP) hasta la roseta óptica en donde se encuentra el abonado [9]. Generalmente estos cables son auto soportados y de baja capacidad en cuanto al número de hilos de fibra, denominados cables *drop* o de acometida. Debido a restricciones de espacio y para evitar pérdidas por curvaturas acentuadas



al momento de la instalación, la fibra debe tener características especiales (tipo *bend insensitive*).

RED DE DISPERSIÓN EN EDIFICIOS

En el caso de los edificios, la red de dispersión inicia en las cajas de distribución de piso o FDF y terminan en la roseta óptica.

2.6.6. ONT (*Optical Network Terminal*)

Es un dispositivo activo de lado del usuario, en dónde se gestionan todos los servicios que posee el OLT. Para evitar problemas de interoperabilidad entre OLT y ONT, los equipos deben pertenecer al mismo fabricante. Este equipo debe contar con una antena para el servicio de WI-FI, puertos Ethernet para el servicio de datos, puertos IPTV y puertos RJ11 para el servicio de telefonía IP. [9]

2.6.7. ONU (*Optical Network Unit*)

Es un dispositivo activo que se coloca al final de la Red de Distribución, a diferencia de la ONT, es un dispositivo de abonado múltiple (multiplexor-demultiplexor), gestiona las interfaces entre el usuario y la OLT de manera similar a un ONT pero en un nivel más básico. Generalmente son instalados al aire libre, para ser utilizados como punto de prueba para determinar si la señal llega íntegramente al usuario. [9]

Capítulo 3

Análisis de la Demanda y Servicios Existentes

3.1. Definición del Área de Cobertura

El diseño de la Red GPON se realizará para la cabecera cantonal Gral. Leónidas Plaza que se encuentra ubicada en el cantón Limón, perteneciente a la provincia de Morona Santiago, cuyas coordenadas son Longitud Occidental $78^{\circ} 27' 57''$ y Latitud Sur $2^{\circ} 57' 57''$. De acuerdo a la tabla 3.1, Gral. Leónidas Plaza es la única parroquia con población urbana, además la empresa CNT EP. posee una red de cobre desplegada sobre el casco urbano, dicha infraestructura será utilizada en lo posible para la nueva red a diseñar.

| Población Limón Indanza | | | |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Parroquia | Urbano | Rural | Total |
| Gral. Leónidas Plaza | 3.523 | 458 | 3.981 |
| Indanza | - | 1.363 | 1.363 |
| San Antonio | - | 2.157 | 2.157 |
| San Miguel de Conchay | - | 405 | 405 |
| Santa Susana de Chiviaza | - | 772 | 772 |
| Yunganza | - | 1.044 | 1.044 |
| Total | 3.523 | 6.199 | 9.722 |

Tabla 3.1: Población Rural y Urbana del Cantón Limón Indanza [11]

3.2. Trabajo de Campo

El trabajo de campo se basa en el reconocimiento del área en donde se va a realizar el diseño de la red FTTH. De este proceso se obtiene información de la



estructura de cobre, principalmente la canalización que se puede aprovechar en la nueva red. Además, se toma en cuenta el estado de las viviendas, validando las construcciones donde pueden existir posibles abonados.

3.2.1. Levantamiento de infraestructura

Como parte del levantamiento de infraestructura existente, se realizó la revisión de los pozos de canalización de cobre. Mediante esta actividad se verifica el número de vías que dispone la canalización validando su reutilización en la nueva red. Además como parte de esta actividad se toman las coordenadas GPS, de cada pozo, poste y armarios para la creación del plano base que se utilizará en el diseño de la red.

3.2.2. Inspección Visual de los Predios

Como parte del estudio de la demanda se realizó la inspección visual de los predios de la ciudad de Gral. Leónidas Plaza. El objetivo de esta actividad es identificar las viviendas con *posibles abonados*, así como también las construcciones en mal estado (usuarios poco probables). Además como se detalla en la Normativa de Diseño de CNT EP, se deben identificar las áreas con posibilidades de expansión hacia conjuntos habitacionales, urbanizaciones o proyectos de construcción masivos, con la finalidad de realizar un diseño de la red escalable en el tiempo.

3.3. Estudio de la Demanda

Para determinar la demanda y el grado de interés de los habitantes en cuanto a los servicios de telecomunicaciones (voz, internet de banda ancha, televisión), así como el ancho de banda necesario para cubrir los requerimientos de los usuarios de acuerdo a los servicios que utilicen con mayor frecuencia y demás aspectos relevantes, se utilizó la técnica de encuesta por cuestionario.

3.3.1. Encuestas

Para la realización de las encuestas se consideraron datos proporcionados por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur de los medidores en cada predio de la ciudad. Cada abonado es catalogado de acuerdo a la razón social con la que se registró, por tanto se obtuvieron dos grupos que son residenciales y comerciales.

Para la elección del tamaño de la muestra se utilizó el método de estimación de una proporción a través del tamaño de la población, considerando un error del 5 %. La fórmula estadística es la siguiente [33]:

$$n = \frac{N \cdot z^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + z^2 \cdot p \cdot q}$$

En dónde :

N es el tamaño de la población.

z es el nivel de confianza.

p es la probabilidad de éxito (encuestados que se espera respondan la encuesta).

q es la probabilidad de fracaso.

d es el error esperado (precisión de la proporción).

En la tabla 3.2, se resumen los resultados obtenidos:

| Determinación del Tamaño de la Muestra Poblacional | | |
|--|-----------------------|--------------------|
| Medidores Residenciales | Medidores Comerciales | Total de Medidores |
| 988 | 232 | 1220 |
| Muestra-Residenciales | Muestra-Comerciales | Muestra Total |
| 262 | 159 | 421 |

Tabla 3.2: Tamaño de la muestra poblacional seleccionada de acuerdo al número de medidores

CONTENIDO DE LA ENCUESTA

El contenido de la encuesta fue realizado para dos grupos, residenciales y comerciales, debido a que las preferencias en cuanto al uso y necesidades al momento de utilizar los servicios de telecomunicaciones pueden diferir entre ambos.

El objetivo de la encuesta residencial es conocer:

- La ubicación de la Empresa CNT EP. en el mercado de acuerdo a los servicios que brinda actualmente.
- La preferencia de pago de los habitantes por los servicios *Triple-Play*.
- La preferencia en cuanto a los servicios de telecomunicaciones (frecuencia de utilización de: telefonía fija, internet y DTH TV).



Por otro lado, el objetivo de la encuesta del grupo comercial es identificar:

- La frecuencia de utilización de los servicios de telecomunicaciones en las actividades diarias de la empresa o comercio.
- La satisfacción del usuario en cuanto a los servicios que ocupa (requiere mayores prestaciones o se encuentra conforme).

Un grupo importante de usuarios corresponde a la población juvenil, por tal razón se realizó una encuesta seleccionando una muestra de 50 jóvenes entre 13 y 21 años de edad. El objetivo de esta encuesta es conocer:

- La frecuencia de utilización de servicios a través de internet como redes sociales o *streaming* de medios.
- Si poseen plan de datos a través de los teléfonos móviles.
- Cuáles son las características que este grupo considera al momento de elegir un plan de internet (velocidad, nombre del prestador, precio).

El formato de encuesta para cada grupo se adjunta en el Anexo [A](#).

3.3.2. Resultados

Las encuestas fueron realizadas en su totalidad a las muestras poblacionales correspondientes por cada grupo. Al tratarse de una encuesta de respuesta cerrada los encuestados fueron entrevistados de manera personal con la opción a esclarecer cada pregunta si fuera necesario, para evitar confusiones o respuestas erróneas que pudieran alterar los resultados. A continuación se detallan los resultados obtenidos:

USUARIOS RESIDENCIALES:

En la figura [3.1](#), se presenta el dominio de mercado que posee la empresa CNT EP. En cuanto a los servicios de telefonía fija CNT es el único prestador de servicios de la ciudad de Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez, en tanto que para los servicios de internet residencial un 18.01 % de los usuarios obtienen el servicio a través de los proveedores CLARO y PALITO. COM (Empresa que presta servicios de Internet de banda ancha con cobertura exclusiva para el cantón de Limón Indanza).

En el caso de los servicios de televisión por suscripción, CNT comparte el mercado con CLARO y DIRECTV que ocupan el 30,65 %, además el 34,10 % de ciudadanos que no poseen el servicio aún cuando las limitaciones geográficas de la ciudad no permiten a los usuarios utilizar los canales nacionales de señal abierta.

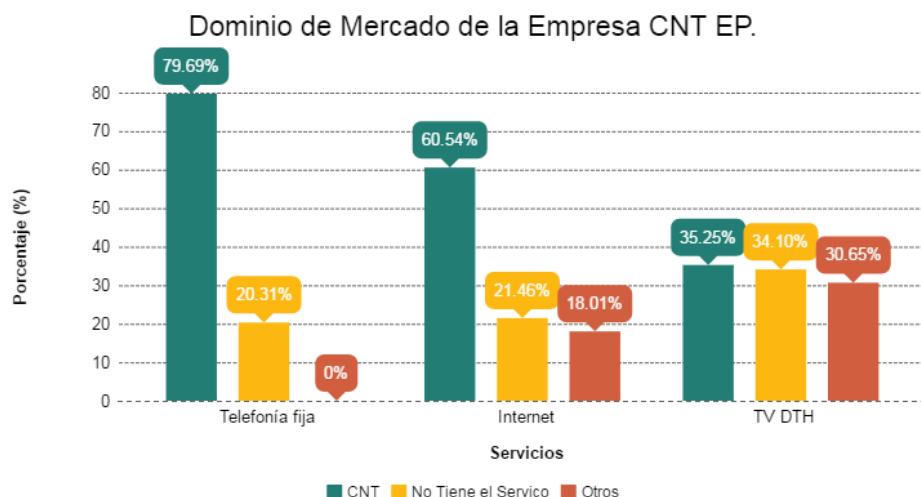


Figura 3.1: Dominio de mercado de la Empresa CNT. EP

Fuente: Autores

La red GPON a diseñar está enfocada a proporcionar servicios *Triple-Play*, por esta razón es necesario conocer la importancia que cada usuario tiene sobre los servicios de telecomunicaciones (voz, internet y televisión DTH). Para esto en la encuesta se pide a los participantes clasificar a los servicios de acuerdo a la importancia que le dan a cada uno, es decir a la frecuencia con la que los utilizan. Por tanto se establecen tres categorías que son; alto, medio y bajo. Debido a la creciente utilización de servicios de *streaming* como Netflix en dónde bajo una cuenta económica se obtiene todo tipo de contenido multimedia, podría considerarse que la televisión bajo suscripción no constituye un servicio atractivo para la ciudadanía. Sin embargo este caso no se ve reflejado en la ciudad de Gral. Leónidas Plaza en dónde la televisión es considerada de prioridad media, debido a la falta de canales de señal abierta que obliga a los habitantes a contratar el servicio. En la figura 3.2 se presenta la frecuencia de uso de los servicios de telefonía fija, internet y televisión DTH.

Una sección importante de la encuesta está enfocada a conocer cuánto están dispuestos a pagar los usuarios para recibir los servicios *Triple-Play*. Para esto se plantean cinco escenarios posibles con rangos de valores, para que el usuario

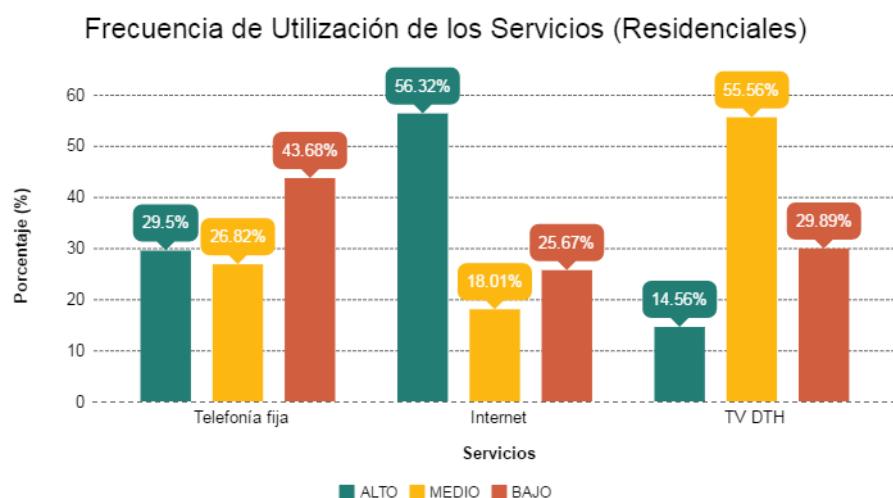


Figura 3.2: Frecuencia de Utilización de los Servicios (Telefonía Fija, Internet, TV DTH)

Fuente: Autores

escoja el que se encuentra dentro de sus posibilidades económicas. Un aspecto relevante que se debe tomar en cuenta, es que en esta región del país CNT ofrece subsidios, es así como una parte de la población paga como tarifa básica telefónica alrededor de 2 dólares americanos. Bajo estas circunstancias es predecible que los habitantes se inclinen a tarifas económicas que sigan la línea de los subsidios. Por tal razón el mayor porcentaje de los encuestados están dispuestos a pagar entre 20 y 30 dólares americanos por los tres servicios. En la figura 3.3 se presentan los intervalos establecidos con el porcentaje de aceptación respectivo:

USUARIOS COMERCIALES:

En el caso de este grupo, la encuesta recopiló datos acerca de la frecuencia de uso de los servicios de telecomunicaciones, en dónde a diferencia de los usuarios residenciales el servicio de telefonía fija juega un papel importante en las funciones diarias de las empresas, negocios o instituciones. De igual manera el internet constituye una herramienta de trabajo diario a través del uso de mensajería, videoconferencia o la utilización de redes sociales como medio de promoción para los negocios.

Dentro del área comercial, existen entidades bancarias que cuentan con su propia red interna de datos y que no tienen necesidad de contratar el servicio

Preferencia de Pago por el Servicio TRIPLE-PLAY

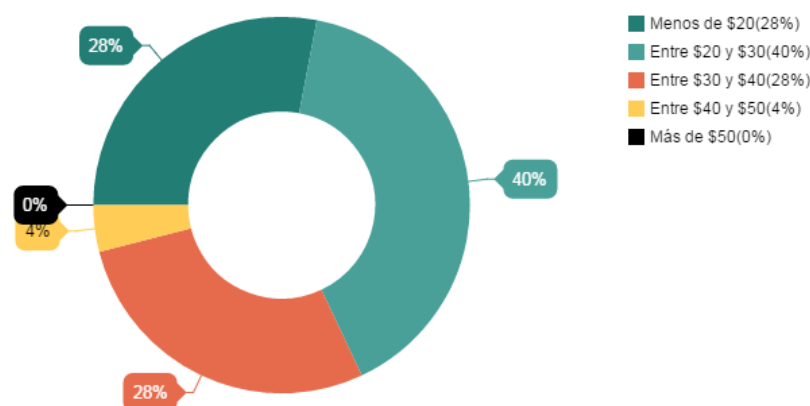


Figura 3.3: Preferencia de Pago de los habitantes por los servicios *Triple-Play* a través de FTTH

Fuente: Autores

de banda ancha. La mayoría de los usuarios que pertenecen al grupo comercial corresponden a pymes. Para tabular las respuestas se crearon 3 rangos de uso que son:

- Siempre: corresponde a los usuarios que utilizan por lo menos una vez al día el servicio
- Casi Siempre: dentro de este grupo se encuentran los usuarios que ocupan el servicio por lo menos una vez a la semana.
- Nunca: los usuarios que no hacen uso del servicio.

En la figura 3.4 se presentan los resultados de acuerdo a los servicios de telefonía fija, videoconferencia, correo y redes sociales.

La encuesta también analiza la satisfacción de los usuarios de acuerdo a la velocidad de los planes que poseen actualmente. Los resultados se presentan en la figura 3.5.

MUESTRA DE POBLACIÓN JUVENIL:

Siendo este uno de los grupos que demanda mayor ancho de banda debido a la versatilidad de las aplicaciones y servicios que utilizan, la encuesta determina la

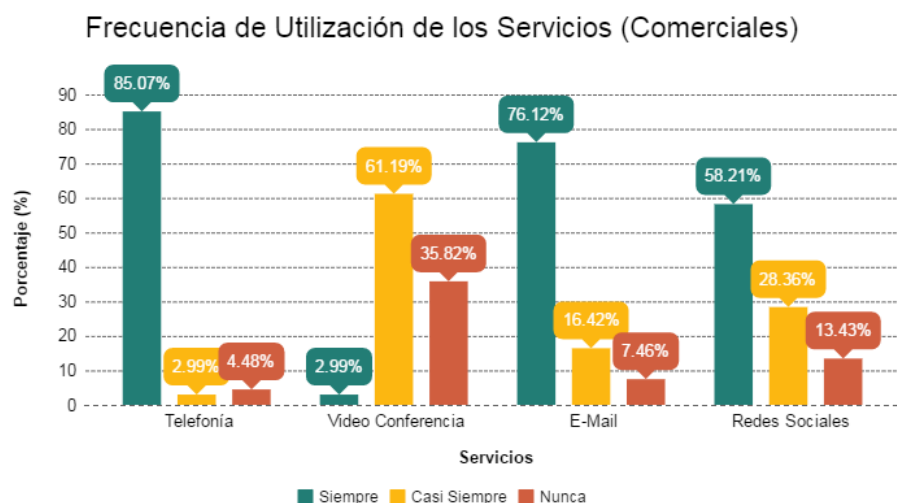


Figura 3.4: Frecuencia de uso de los servicios (Grupo Comercial)
Fuente: Autores

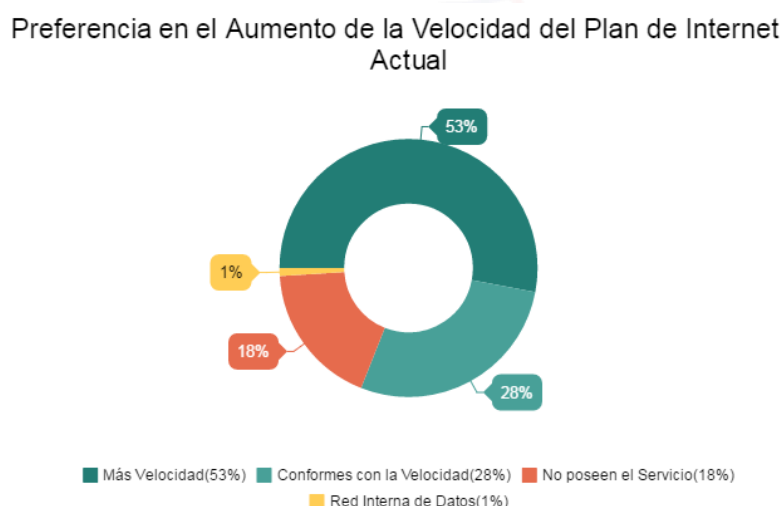


Figura 3.5: Apreciación del servicio de acuerdo a la velocidad de los planes de banda ancha
Fuente: Autores

frecuencia en el uso de los servicios dentro de la red (*streaming* de medios, juegos en línea, servicios de mensajería, redes sociales, videoconferencia). En la gráfica 3.6 se encuentran tabulados los resultados.

Debido al auge de los teléfonos celulares, específicamente de los "Smartphones" los planes de datos móviles se han vuelto populares y accesibles, por tanto es importante saber si este grupo utiliza cuentas de internet fijo o móvil para navegar en la red. Aún cuando la población juvenil no tiene un poder adquisitivo

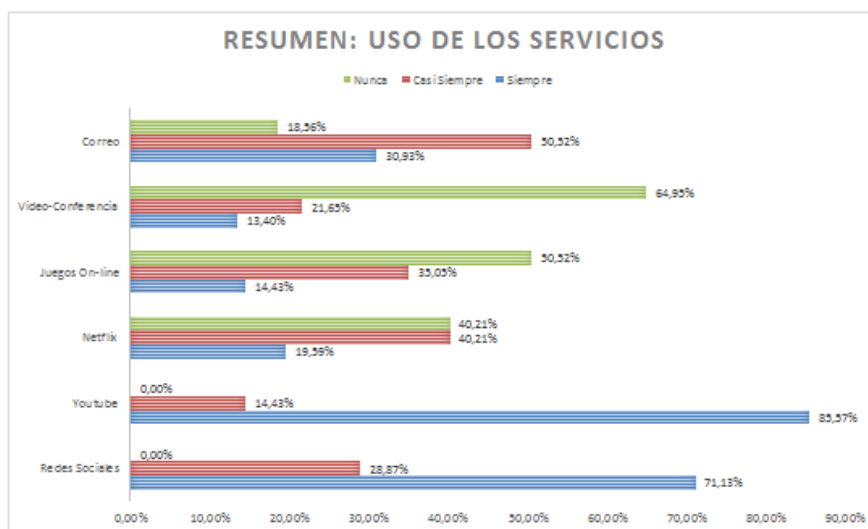


Figura 3.6: Frecuencia de uso de los servicios en la red
Fuente: Autores

elevado, los hogares y negocios (ciber-café) contratan planes de internet para satisfacer sus necesidades escolares o de entretenimiento, lo que los convierte en un elemento importante para analizar. En la figura 3.7, se presentan el porcentaje de jóvenes que poseen cuentas de internet móvil. Como se muestra en la figura el porcentaje es bajo, lo que sugiere que este tipo de usuarios tiene acceso a internet a través de cuentas fijas.

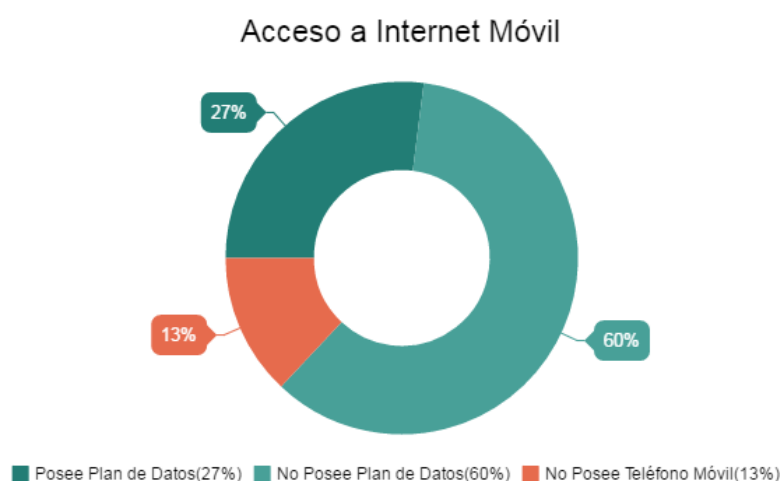


Figura 3.7: Muestra Juvenil con acceso a internet móvil
Fuente: Autores

Por otro lado, en la encuesta se identificaron las características (velocidad, precio, nombre del proveedor) que toma en cuenta la muestra de población juvenil, al momento de contratar o sugerir un plan de internet fijo. En la figura 3.8, se presentan los porcentajes para cada característica en dónde el elemento de mayor peso es la velocidad.

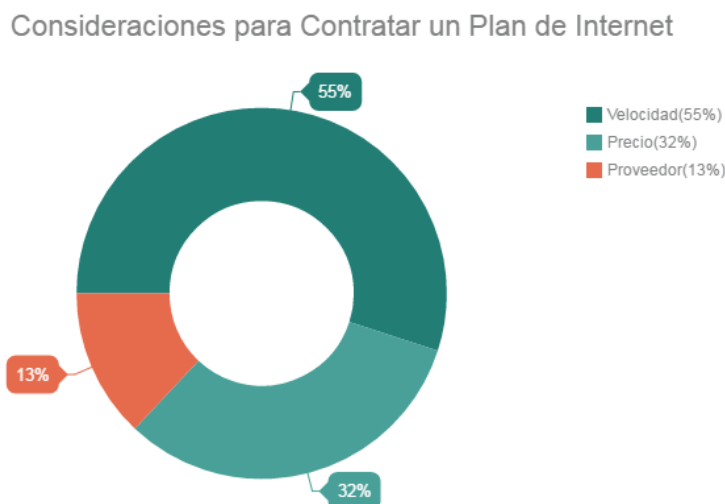


Figura 3.8: Muestra Juvenil con acceso a internet móvil
Fuente: Autores

3.4. Determinación de la Demanda y Servicios Existentes

Esta parte del estudio de la demanda está orientada a identificar a los posibles clientes, así como también a los usuarios que actualmente poseen algún servicio de la Empresa CNT EP. De acuerdo a datos proporcionados por el área de comercialización de la empresa, los servicios que se brindan en Gral. Leónidas Plaza corresponden a los que se presentan en la tabla 3.3.

3.4.1. Estimación de la Demanda

Para realizar la estimación de los habitantes que pueden convertirse en clientes de la Empresa CNT EP., se utilizaron dos fuentes de datos; la primera correspondiente al Consumo Energético de los medidores registrados dentro del área de despliegue de la red a diseñar, y la segunda fuente con los datos de los habitantes

| Servicios Existentes en Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez | |
|--|--------------------|
| Servicios | Número de Abonados |
| Telefonía | 485 |
| Internet | 11 |
| Televisión DTH | 290 |
| Telefonía + Internet | 518 |
| Telefonía + Televisión DTH | 49 |
| Internet + Televisión DTH | 19 |
| Telefonía + Internet + Televisión DTH | 12 |
| TOTAL | 1384 |

Tabla 3.3: Abonados de Telefonía, Internet y Televisión DTH de CNT EP. en la ciudad de Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez

que poseen algún servicio de la Empresa CNT.

El siguiente paso fue la creación de un Sistema de Porcentajes, para esto se extrajo una muestra de los medidores residenciales con su respectivo consumo, con la finalidad de establecer rangos que clasifiquen a los medidores. Se analizó el consumo de los habitantes de la ciudad de Gral. Leónidas Plaza que ya poseen algún servicio de telecomunicaciones tomados de la muestra anterior, en la gráfica 3.9 se presenta el consumo energético de la población, en dónde se puede observar que el mayor número de usuarios se localizan desde los $68 kWh$.

CREACIÓN DEL SISTEMA DE PORCENTAJES

Una vez analizado el comportamiento energético de la población que utiliza servicios de telecomunicaciones, se crea el sistema de porcentajes tomando en cuenta las consideraciones que se mencionan en la tabla 3.4. Además se considera el boletín realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, en dónde se establece que el consumo promedio de la provincia de Morona Santiago corresponde a $68kW$, mientras que la media de consumo a nivel nacional corresponde a $137kW$. [34]

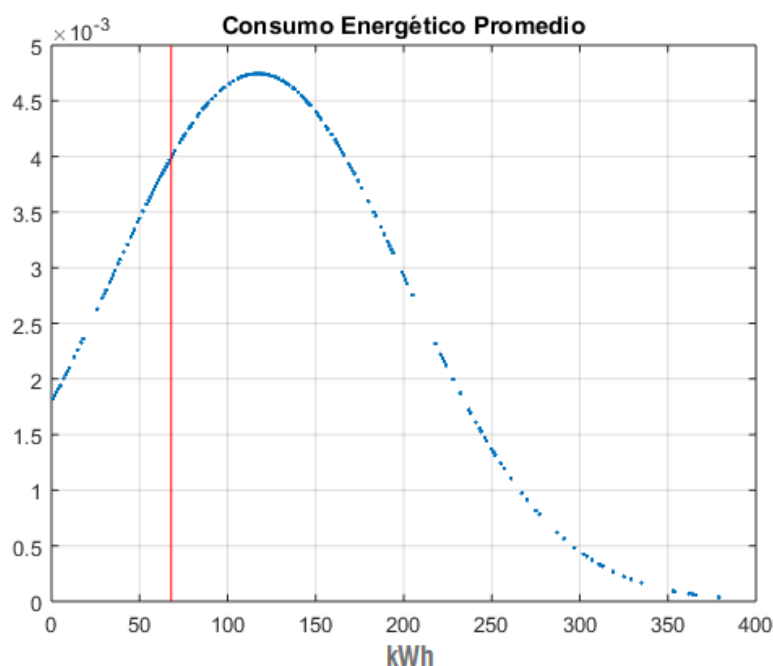


Figura 3.9: Consumo Energético Promedio de los Habitantes de la ciudad Gral. Leónidas Plaza que poseen servicios de telecomunicaciones
Fuente: Empresa Regional Centro Sur

| Sistema de Porcentajes | | |
|------------------------|------------------------------|---|
| Porcentaje | Consumo Energético | Consideraciones |
| 2 % | Valores Menores a 10kWh | Consumo energético ubicado muy por debajo de la media provincial y nacional de consumo. (De acuerdo al trabajo de campo, este consumo está relacionado con viviendas en mal estado o propiedades abandonadas) |
| 60 % | Valores Entre 10kWh - 68kWh | Por debajo de la media de consumo. |
| 90 % | Valores Entre 68kWh - 137kWh | Valores ubicados dentro de la media de consumo nacional y provincial. |
| 100 % | Valores Mayores a 137kWh | Alto grado de consumo, residencias en buen estado, conjuntos habitacionales o comercios. |

Tabla 3.4: Sistema de Porcentajes basados en el Consumo Energético
Fuente: Autores

3.5. Proyección de la Demanda Futura

Para conseguir un diseño de red escalable y flexible es necesario realizar una proyección de la demanda futura, con la finalidad de dimensionar adecuadamente los recursos de planta interna y externa. La estimación de la demanda futura fue analizada tomando como base el **Modelo de Difusión de Bass**. Este modelo es ampliamente utilizado para cualquier producto nuevo y también ha presentado buenos resultados si es aplicado en el área tecnológica. En este caso, es posible encasillar a los servicios de Internet de Banda Ancha a través de Fibra Óptica como un producto relativamente nuevo debido a que en la zona ningún otro prestador de servicios de Telecomunicaciones ha ofertado planes de este tipo.

3.5.1. Descripción del Modelo

El modelo de Bass responde a la siguiente ecuación matemática: [35]

$$S(t) = [p + (q/m) N(t-1)][m - N(t-1)]$$

Los parámetros básicos del modelo son:

- m : es la *población objetivo* o número máximo de consumidores que pueden contratar el servicio. Es importante mencionar que este número no se refiere al total de la población, si no sólo a los potenciales compradores.
- p : denominado *coeficiente de innovación*, corresponde a la probabilidad que un usuario innovador adquiera el producto o servicio en un tiempo (puede interpretarse a este valor como la tasa a la que los usuarios compran un servicio espontáneamente).
- q : denominado *coeficiente de imitación*, es la probabilidad de que un usuario adquiera el servicio influenciado por los compradores innovadores. Este coeficiente es producto del efecto denominado boca en boca, en dónde a través de la comunicación entre usuarios innovadores e imitadores estos últimos aprenden los beneficios del servicio y copian a los primeros.



3.5.2. Aplicación del Modelo de Bass

Para la aplicación del modelo de proyección de demanda futura se tomaron como base las ventas registradas de los servicios de telefonía, internet y televisión DTH desde los años 2009 a 2015 de la Empresa CNT EP. en la ciudad de Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez, con la finalidad de establecer los coeficientes de innovación y de imitación. De acuerdo al modelo de Bass se debe establecer un público objetivo, que no necesariamente corresponde a la población entera de la ciudad. En este caso se consideraron el número de personas por hogar para poder limitar la cantidad de compradores a familias y no al conjunto total de pobladores de la ciudad, estos datos fueron extraídos de la página oficial del INEC.

De acuerdo a estas consideraciones el público objetivo se presenta en la tabla 3.5.

| POBLACIÓN OBJETIVO | |
|----------------------------|---------------|
| Habitantes en el año 2021 | 4238 |
| Num.Habitantes por Familia | 3,78 |
| Posibles Usuarios | 1121 familias |

Tabla 3.5: Mercado Objetivo para el año 2021 en la ciudad de Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez [11]

DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO

Para determinar los coeficientes de innovación e imitación se tomó en cuenta el crecimiento de usuarios cada año a partir del 2009 al mes de Julio del año 2016. Estos datos se presentan en la tabla 3.6.

El siguiente paso es determinar los coeficientes, para esto se toma como dato el número de familias en el año 2009, así como las ventas de ese mismo año y se establece el porcentaje de compradores, dicha cifra corresponde al coeficiente de innovación en cuanto al servicio de telefonía. Se realiza un proceso similar para el caso de los servicios de internet y televisión pero a partir del año 2011, dado que desde esa fecha se empieza a ofrecer estos servicios en la ciudad de Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez. Para el porcentaje de imitación se toma como base las ventas realizadas en los dos años posteriores y se calcula el promedio, este valor

| VENTAS HISTÓRICAS DE CNT | | |
|--------------------------|-----------|----------|
| AÑO | Telefonía | Internet |
| 2009 | 91 | 0 |
| 2010 | 94 | 0 |
| 2011 | 277 | 79 |
| 2012 | 84 | 112 |
| 2013 | 116 | 207 |
| 2014 | 412 | 256 |
| 2015 | 387 | 244 |
| 2016 (Julio) | 105 | 132 |

Tabla 3.6: Ventas Históricas en la ciudad de Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez
Fuente: CNT EP.

corresponde a los usuarios influenciados por el fenómeno *boca en boca* descrito en la sección 3.5.1. Se relacionan estas ventas con el número de familias del año 2011 para el caso de telefonía y se establece un porcentaje de usuarios que contrataron el servicio, este valor corresponde al coeficiente de imitación. Se sigue un proceso similar para el caso de internet y televisión. Estos valores se presentan en la tabla 3.7.

| Servicios | Coeficientes | |
|-----------|--------------|-------------|
| | Innovación | Imitación |
| Telefonía | 0,085413462 | 0,250253346 |
| Internet | 0,071371893 | 0,185339044 |

Tabla 3.7: Determinación de los coeficientes del modelo de Bass aplicado a las ventas históricas de CNT EP.

Fuente: Autores

3.5.3. Resultados

Una vez obtenidos los coeficientes, éstos se prueban en el modelo para comparar la proyección resultante con las ventas reales en cada servicio. En cuanto al servicio de telefonía, el modelo presenta resultados satisfactorios. Al calcular el promedio de ventas reales del período completo desde el año 2009 al 2016, este valor corresponde a 195. Por otro lado al calcular el promedio de ventas para ese mismo período con los valores obtenidos en el modelo el resultado es 196. La proyección de la demanda futura para el servicio de telefonía al año 2021 se



presenta en la tabla 3.8.

| PROYECCIÓN DE LA DEMANDA (TELEFONÍA) | | |
|--------------------------------------|--------------|------------|
| Año | Datos Reales | Proyección |
| 2009 | 91 | 91 |
| 2010 | 94 | 95 |
| 2011 | 277 | 222 |
| 2012 | 84 | 146 |
| 2013 | 116 | 154 |
| 2014 | 412 | 526 |
| 2015 | 387 | 205 |
| 2016 | 105 | 131 |
| 2017 | | 110 |
| 2018 | | 88 |
| 2019 | | 67 |
| 2020 | | 49 |
| 2021 | | 13 |

Tabla 3.8: Demanda Proyectada del servicio de telefonía hasta el año 2021

Fuente: Autores

La representación gráfica de los resultados obtenidos en la proyección de la demanda futura del servicio de telefonía, se presentan en la figura 3.10.

En cuanto a los servicios de internet y televisión, los resultados de la demanda proyectada se consideran satisfactorios. El promedio de ventas reales en el período de tiempo comprendido entre los años 2010 a 2016 corresponde a 147, mientras que en el modelo el resultado es de 144. La demanda proyectada para estos servicios se presenta en la tabla 3.9.

La representación gráfica de la proyección de la demanda para los servicios de internet y televisión se presentan en la figura 3.11. Se puede apreciar que el comportamiento de la demanda telefónica es completamente diferente a la de internet y televisión.

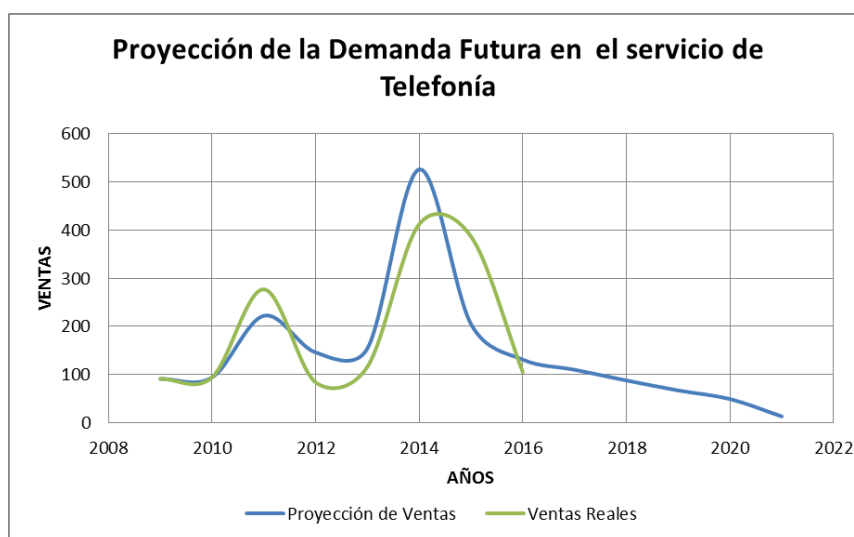


Figura 3.10: Demanda Proyectada vs Demanda Real para el servicio de telefonía hasta el año 2021

| PROYECCIÓN DE LA DEMANDA (INTERNET) | | |
|-------------------------------------|--------------|------------|
| Año | Datos Reales | Proyección |
| 2011 | 79 | 79 |
| 2012 | 112 | 131 |
| 2013 | 207 | 202 |
| 2014 | 256 | 222 |
| 2015 | 244 | 232 |
| 2016 | 132 | 141 |
| 2017 | | 129 |
| 2018 | | 114 |
| 2019 | | 97 |
| 2020 | | 81 |
| 2021 | | 66 |

Tabla 3.9: Demanda Proyectada del servicio de internet hasta el año 2021
Fuente:Autores

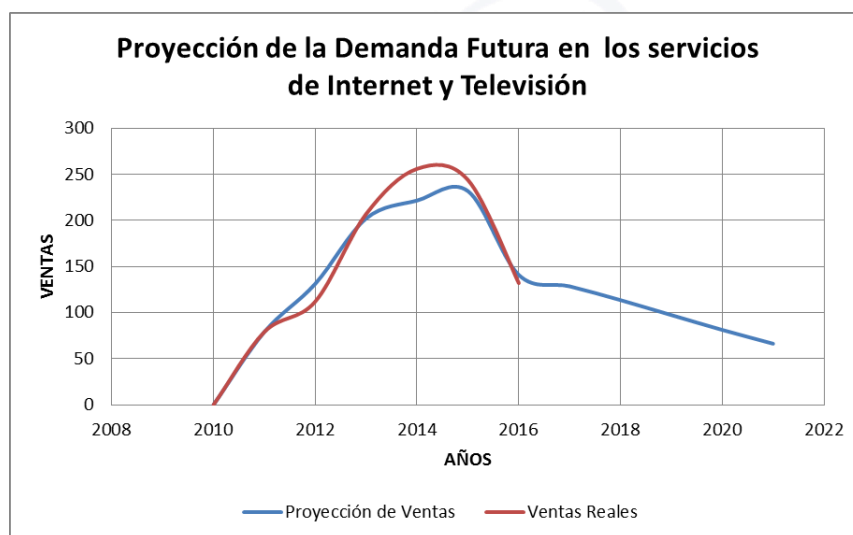


Figura 3.11: Demanda Proyectada vs Demanda Real de los servicios de internet y televisión para el año 2021

3.6. Planes FTTH

Una vez establecida la demanda proyectada, es necesario definir planes con velocidades de navegación mayores a las proporcionadas por la red de cobre. Además, estos planes permitirán clasificar a los usuarios de acuerdo al estudio de la demanda y los resultados de las encuestas de mercado.

| Planes | Internet [Mbps] | Telefonía Fija (líneas por cliente) | TV Número de terminales | |
|--------------------|--------------------|--|----------------------------|----|
| | | | SD | HD |
| Plan residencial 1 | 5x2 | 1 | 2 | 0 |
| Plan residencial 2 | 10x3 | 1 | 1 | 1 |
| PYMES | 15x3 | 2 | 1 | 0 |
| Corporativo | 20x3 | 2 | 0 | 0 |

Tabla 3.10: Planes FTTH para la nueva Red de Fibra Óptica
Fuente: Autores

3.7. Migración de los clientes de la Red de Cobre e Incorporación de los nuevos clientes

Para estimar la migración de los clientes hacia la red FTTH y la incorporación de los nuevos clientes se consideran tres análisis:

- Los servicios actuales en cobre y los planes para la red FTTH y presentados en la sección 3.6.
- El análisis de la demanda futura presentado en la sección 3.5.
- Los porcentajes de migración de los clientes de la red de cobre hacia los nuevos planes de la red FTTH utilizando el estudio de la demanda de la sección 3.3.

3.7.1. Análisis de los Planes

En la figura 3.3 se presenta la distribución de los clientes actuales en sus respectivos servicios de consumo ofertados por CNT EP. Los clientes que consumen



dos o tres servicios se agrupan en el paquete denominado 2Pack + 3 Pack para facilitar el análisis de migración. Además, los planes nuevos ofertados para la red FTTH presentados en la tabla 3.10 se agrupan en el paquete planes FTTH. La tabla 3.11 presenta un resumen inicial de la distribución de los clientes de la red de cobre motivo por el cual, el paquete planes FTTH no cuenta con clientes ya que estos se proyectan a futuro.

| | Paquete de servicios | Clientes |
|---------------------|----------------------|-------------|
| Planes Red de Cobre | TEL | 485 |
| | INTER | 11 |
| | TV | 290 |
| | (2 Pack + 3 Pack) | 598 |
| Planes FTTH | plan 1 | 0 |
| | plan 2 | 0 |
| | pymes | 0 |
| | corporativo | 0 |
| | Total | 1384 |

Tabla 3.11: Distribución de los clientes de la red de cobre en paquetes de Servicios
Fuente: Autores

3.7.2. Análisis de la demanda futura

En la sección 3.3.2 se presenta los resultados de la aplicación del Modelo de Bass para la determinación de la demanda futura, en la cual se determina el número de clientes futuros para cada año hasta el 2021. Los clientes futuros se irán incorporando directamente al paquete planes FTTH, en la tabla 3.12 se presenta la proyección de clientes de internet por año.

| Año | PROYECCIÓN |
|--------------|------------|
| 2017 | 129 |
| 2018 | 114 |
| 2019 | 97 |
| 2020 | 81 |
| 2021 | 66 |
| Total | 487 |

Tabla 3.12: Proyección de clientes de internet
Fuente: Autores

3.7.3. Análisis del estudio de la demanda

El resultado de las encuestas referente a las preferencias de pago por los servicios *Triple-Play* presentados en la sección 3.3 permiten proyectar la probabilidad de clientes que pueden migrar de planes en la red de cobre a planes FTTH según el gasto económico que están dispuestos a realizar por los servicios. Las preferencias de pago presentados en la figura 3.3 se adaptan a los planes FTTH (3.13).

| | |
|---------------------------------|---------------------|
| 28 % | Conservan su Plan |
| 40 % | Plan residencial 1 |
| 28 % | Plan residencial 2 |
| 4 % | PYMES y Corporativo |
| Probabilidad de acceder al plan | Planes FTTH |

Tabla 3.13: Análisis
Fuente: Autores

Una vez finalizado el análisis de los planes, la demanda futura y el estudio de la demanda, se puede proyectar la cantidad de clientes que se deben migrar anualmente a los planes FTTH (tabla 3.10). En el primer año se prevé construir la red FTTH y migrar a los clientes de la red de cobre con sus planes actuales, así se considera que la incorporación comience a partir del segundo año de operación. (Tabla 3.14) Si bien el 28 % de los clientes pretende mantener su plan contratado

| Probabilidad de acceder al plan | Plan FTTH | Usuarios | | | | | Total |
|---|--------------------|----------|------|------|------|------|-------|
| | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | |
| 28 % FTTH | Conservan el plan | 0 | 0 | 0 | *194 | *194 | 388 |
| 40 % | Plan 1 | 0 | 221 | 138 | 111 | 83 | 554 |
| 28 % | Plan 2 | 0 | 155 | 97 | 78 | 58 | 388 |
| 4 % | Pymes Corporativos | 0 | 22 | 14 | 11 | 8 | 55 |
| Clientes en el plan FTTH | | 0 | 399 | 249 | 393 | 343 | 1384 |
| *Usuarios que se deben migrar en los dos últimos años. | | | | | | | |

Tabla 3.14: Incorporación anual de los clientes a los Planes FTTH
Fuente : Autores

con CNT EP, se deberá implementar estrategias que permitan incorporarlos en los últimos dos años. En la tabla 3.15 se presenta el decrecimiento anual de los clientes de la red de cobre, previendo migrarlos completamente en el último año.



CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA DEMANDA Y SERVICIOS EXISTENTES

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Telefonía | 485 | 345 | 258 | 120 | 0 |
| Internet | 11 | 8 | 6 | 3 | 0 |
| TV DHT | 290 | 206 | 154 | 72 | 0 |
| 2Pack + 3Pack | 598 | 426 | 318 | 148 | 0 |
| Clientes en la Red de Cobre | 1384 | 985 | 736 | 343 | 0 |

Tabla 3.15: Decrecimiento anual de los clientes de la Red de Cobre
Fuente: Autores

Finalmente se presenta un resumen de la migración de los clientes de la red de cobre incluyendo la incorporación de los nuevos clientes obteniendo al final de los 5 años un total de 1871 clientes en la red FTTH. (Tabla 3.16)

| Clientes | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Red de Cobre | 1384 | 985 | 736 | 343 | 0 |
| Nuevos | 129 | 243 | 340 | 421 | 487 |
| Red FTTH | 129 | 642 | 988 | 1462 | 1871 |

Tabla 3.16: Migración de los clientes de la red de cobre e incorporación de los nuevos clientes
Fuente: Autores



Capítulo 4

Diseño de la Red FTTH

El diseño de la red FTTH comienza analizando todos los requerimientos de planta externa, para el posterior dimensionamiento de los equipos necesarios en planta interna. Además se realiza el balance óptico de la red de acuerdo a la normativa de diseño de CNT EP.

4.1. Planta Externa

El diseño de planta externa está dedicado a estimar los elementos necesarios para la implementación de la red FTTH.

4.1.1. Consideraciones Iniciales

Antes de comenzar el diseño se debe considerar los requerimientos que la empresa CNT EP, solicita que se cumpla en el proyecto. [9]

RELACIÓN DE DIVISIÓN ÓPTICA

Si bien existe la posibilidad de realizar una división óptica con relación de 1:64, la división máxima que autoriza CNT EP es de 1:32, garantizando la calidad de la señal al usuario. La relación de división óptica 1:32 se consigue mediante dos niveles:

1. nivel 1: *Splitter* con relación óptica 1:2 en la central.
2. nivel 2: *Splitter* con relación óptica 1:16 en la NAP, ubicada en la zona de dispersión.

4.1.2. Creación del Plano Base

El diseño de la red debe contar con información geográfica confiable, que permita tener dimensiones reales de la ciudad. La información base en archivos .dwg¹ está conformada por la planimetría facilitada por el GAD Municipal Limón Indanza (planimetría.dwg), la ubicación georeferenciada de postes y códigos de usuario por parte de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur (emp_e.dwg) y la canalización existente de CNT EP (cnt.dwg). Con la información recopilada se crea un Plano_Base.dwg georeferenciado para el posterior diseño de la red.

4.1.3. Diseño de la Red de Dispersión

La Red de dispersión está formada por zonas de dispersión que a su vez se conforman por el conjunto de predios que van a ser servidos mediante una NAP. Para el diseño de la red se realizó el siguiente procedimiento:

- a) En Auto-CAD se diseñó un *bloque informativo* para cada usuario de la empresa eléctrica con información del tipo de medidor (residencial, comercial o público), consumo energético, servicios que posee de CNT EP y la probabilidad de que sea un “posible cliente” de la Red FTTH según el análisis de la sección 3. En la figura 4.1 se presenta el bloque informativo con sus propiedades. Para llenar el bloque informativo se utilizó la base de datos de la

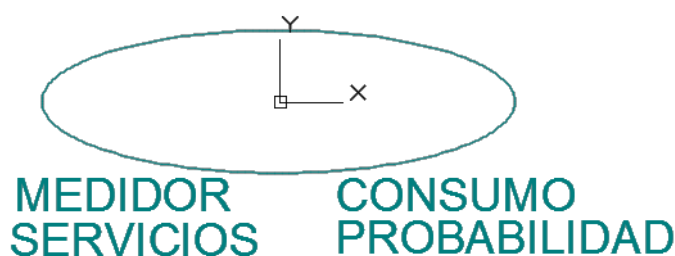


Figura 4.1: Diseño Bloque Informativo
Fuente: Autores

Empresa Eléctrica Regional Centro Sur que contiene el consumo energético de los usuarios y la base de datos de la empresa CNT EP con información de los servicios adquiridos por sus clientes. Las dos bases de datos se relacionan utilizando como clave primaria la cédula de identidad de los usuarios de

¹Archivo que se ejecuta en el software Auto-CAD.

cada empresa. Adicionalmente al plano emp_e.dwg de la empresa eléctrica se importaron las coordenadas de los códigos de usuario (figura 4.2) para luego georeferenciar los bloques informativos en el plano base. Una vez obtenido los

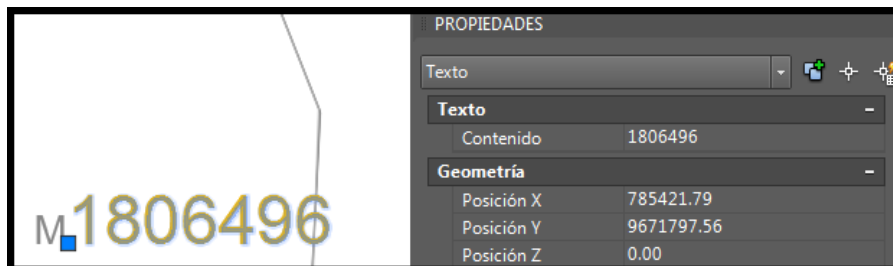


Figura 4.2: Propiedades del código de medidor (Auto-CAD)

Fuente: Autores

datos del tipo de medidor, consumo energético, servicios y probabilidad de ser un “posible cliente” se crea un *script* en un archivo de texto .scr con la información de los usuarios, siguiendo la sintaxis de la figura 4.3 para cada usuario. Posteriormente el *script* se ejecuta en el Plano_Base.dwg obteniendo

| COMANDO PARA INSERTAR BLOQUE | NOMBRE DEL BLOQUE | COORDENADAS X,Y,Z | MEDIDOR |
|---------------------------------------|----------------------|------------------------|-----------------|
| -INSERT | ABONADO | 785421.79,9671797.56,0 | 1 0 RESIDENCIAL |
| 151Kw | ← CONSUMO | | |
| tel | ← SERVICIOS | | |
| 1 | ← PROBABILIDAD | | |

ESCALA Y ROTACIÓN
DEL BLOQUE

Figura 4.3: Sintaxis del *Script* con Información de un Usuario

Fuente: Autores

el bloque informativo con información georeferenciada de cada usuario; permitiendo así realizar un mejor diseño de la red de dispersión, ya que se conoce la ubicación de los clientes de CNT EP y los usuarios con mayor probabilidad de requerir el servicio. Un ejemplo se presenta en la figura 4.4 donde se muestra parte de la ciudad Gral. Leónidas Plaza con 3 códigos de medidores correspondientes a usuarios residenciales, para el usuario con código 1806496 se presenta información del consumo energético 151kw, el servicio de telefonía de la empresa CNT EP y la probabilidad (valor entre 0-1) de ser usuario de la red FTTH.

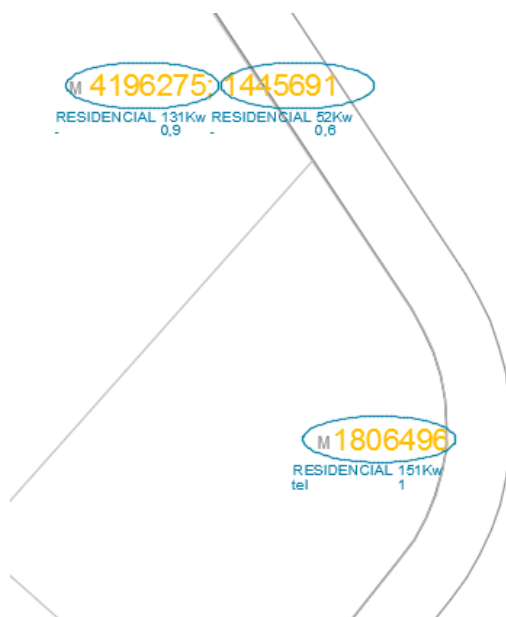


Figura 4.4: Ejemplo de los bloques informativos

Fuente: Autores

- b) En las consideraciones iniciales se estableció la colocación de un *splitter* con relación 1:16 en las NAPs para cada zona de dispersión lo que permite servir a 16 usuarios. El diseño debe permitir que la Red sea escalable con lo cual cada una de las zonas de dispersión se conforman por un máximo de 14 “posibles clientes”, dejando mínimo 2 puestos libres para clientes futuros.
- c) En las zonas de dispersión donde se proyectó red aérea se debe aprovechar las esquinas de las cuadras para poder llegar a un mayor número de usuarios con acometidas cortas, la finalidad es reducir el presupuesto del diseño y a la vez disminuir recursos en el mantenimiento de la Red en caso de fallos o cortes. Un ejemplo de esta zona se presenta en la figura 4.5.
- d) En las zonas de dispersión donde se proyectó red canalizada se debe evitar los cruces de las calles, diseñando las zonas en los laterales de las cuadras de esta manera se evita la construcción de pozos y canalización para servir a usuarios que se encuentren en predios separados por calles. En la figura 4.6 se presenta un ejemplo de una zona de dispersión canalizada.
- e) En los sectores de la ciudad que no estén densamente poblados se opta por reducir el tamaño de las zonas antes de expandir el área de cobertura, debido a que existe mayor dificultad en relación al mantenimiento de la red y al gasto económico, al tratar de llegar a los usuarios con acometidas de gran longitud.

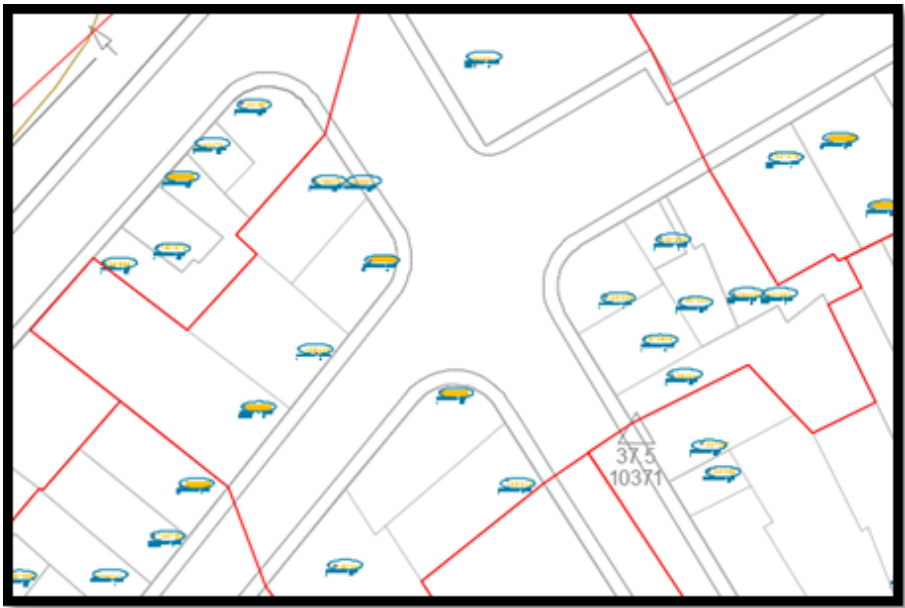


Figura 4.5: Zona de Dispersión Aérea
Fuente: Autores

En cada zona de dispersión se coloca una NAP aérea o de mini poste según el tipo de zona. La red de dispersión queda conformada de la siguiente manera:

| Red de Dispersión | |
|-------------------|-----|
| Zonas Canalizadas | 15 |
| Zonas Aéreas | 86 |
| Total | 101 |

Tabla 4.1: Tabla Resumen Red de Dispersión
Fuente: Autores

En la figura 4.7, se muestra parte de la Red de Dispersión resultante.

4.1.4. Diseño de la Red de Distribución

El diseño de la red de distribución toma como punto de partida el número de zonas de dispersión existentes en el área a cubrir, en éste caso son 101 zonas. Para realizar el tendido del cable de fibra óptica se realizó el siguiente procedimiento:

1. Inspección de las vías principales que tengan acceso a la mayor cantidad de vías secundarias para la creación de las rutas del tendido de cable de distribución principal. La conexión entre vías se realiza mediante empalmes o sangrados aprovechando el cable de distribución principal. Además, se



Figura 4.6: Zona de Dispersión Canalizada

Fuente: Autores

debe tener en cuenta que el presupuesto óptico no debe exceder los 25dB de atenuación por lo cual se debe limitar a 3 fusiones cada hilo de fibra.

2. Posterior a la inspección de las calles, se agrupan las 101 zonas de dispersión en 3 zonas distribución (**D1, D2, D3**) que serán servidas mediante 3 cables principales de distribución. En la tabla 4.2 se resume el número de zonas dispersión servidas por cada cable.

| Zonas | | | |
|--------------|------------|----------|-----------------|
| Distribución | Dispersión | Reservas | Cable Utilizado |
| D1 | 44 | 4 | 48 hilos |
| D2 | 44 | 4 | 48 hilos |
| D3 | 12 | 8 | 24 hilos* |

*Para la zona de Distribución D3 se necesita un cable con capacidad mínima de 20 hilos de fibra, de acuerdo a la tabla 2.9, el cable que satisface dicha zona es de 24 hilos.

Tabla 4.2: Conformación de la Res De Distribución

En resumen, se requieren 120 hilos de fibra óptica para cubrir las 3 zonas de distribución.

OBRA CIVIL

El área de la red canalizada se proyectó en el centro de la ciudad en las cuadras ubicadas entre las calles Oriente, 28 de mayo, 11 de julio y Quito, debido a la

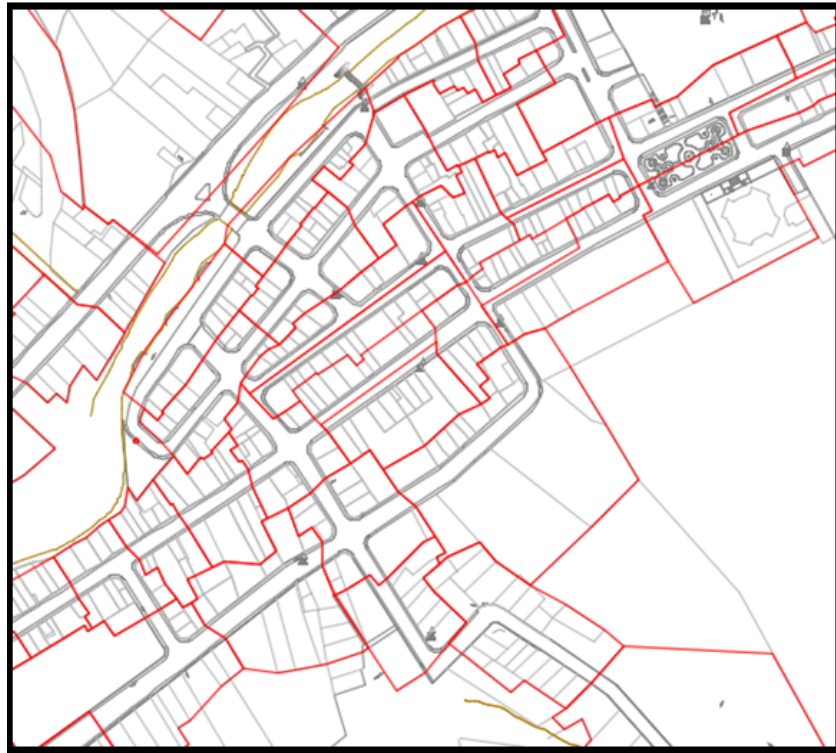


Figura 4.7: Zonas de Dispersión

Fuente: Autores

política de ordenamiento territorial del GAD Municipal.

- **Canalización y Pozos Proyectados:** La canalización proyectada toma como base la canalización existente provista por CNT EP. En las zonas de dispersión, correspondientes al área canalizada, se proyectaron pozos de mano con la finalidad de servir a los usuarios con acometidas murales mediante NAPs de Mini poste.

En la figura 4.8 se aprecia la proyección de 3 pozos de mano, canalizados mediante tubo PVC de 2 Vías más 3-Ducto.

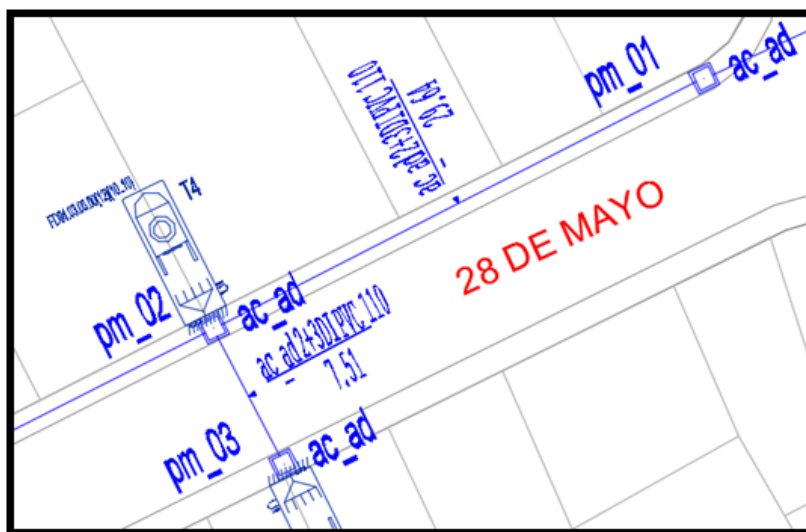


Figura 4.8: Canalización y Pozos proyectados
Fuente: Autores

4.2. Planta Interna

Esta parte de la red corresponde a los equipos necesarios para gestionar los recursos de red que se calcularon en la sección de planta externa.

4.2.1. Diseño del Nodo Óptico

El Nodo Óptico se compone de 3 bloques:

1. **Rack Planta Externa:** Es el medio de conexión entre la planta interna y planta externa, es decir el rack de planta externa se conecta con los hilos de fibra óptica requeridos en la red de distribución. De acuerdo al diseño de la red para la ciudad Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez, el *rack* compuesto por las ODFs, debe disponer mínimo de 120 puertos.
2. **Rack Planta Interna:** Permite la conexión del *rack* de planta externa con el *rack* de OLT, además aquí se realiza el primer nivel de división óptica explicado en la sección 4.1.1. El *splitter* utilizado en la división óptica tiene una relación de 1:2 lo que significa que ingresan 60 hilos de fibra provenientes del *rack* de OLT, se realiza la primera división óptica y posteriormente salen 120 hilos hacia el *rack* de planta externa.
3. **Rack OLT:** Compuesto por un *rack* y la OLT que debe tener 60 puertos PON de capacidad.

En la figura 4.9 se presenta los bloques correspondientes al nodo óptico.

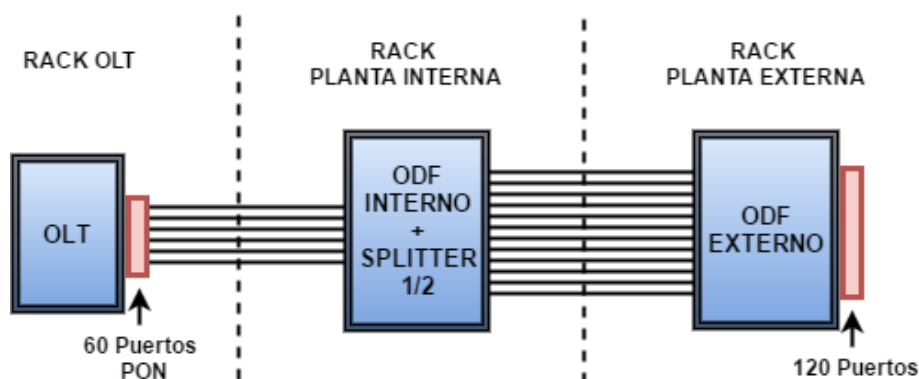


Figura 4.9: Diseño del Nodo Óptico

4.2.2. Equipos

La empresa CNT EP, utiliza tecnología HUAWEI motivo por el cual los equipos sugeridos para el diseño de la red propuesta corresponden a esta marca.

OLT (Optical Line Terminal)

El equipo sugerido es la Mini-OLT MA5608T, debido a que se adapta al diseño de planta externa. Puede ser instalado en lugares con limitaciones de espacio, armarios al aire libre o en los sótanos de edificios, además opera en un amplio rango de temperatura sin la necesidad de utilizar sistemas de enfriamiento. Un aspecto importante es la interoperabilidad que brinda al ser diseñada con la misma arquitectura que las OLTs de la serie MA5600 permitiendo así el crecimiento de la red. En la figura 4.10 se presenta el equipo descrito.



Figura 4.10: Mini OLT MA5608T

A continuación, en la tabla 4.3 se presentan características relevantes del MA5608T Mini-OLT.



| Características de Red | |
|--|---|
| Modos de Acceso | ADSL2+, VDSL2, SHDSL, POTS, GPON, 10G GPON, y P2P |
| Puerto GPON por tarjeta (máximo 6 tarjetas) | 16 u 8 puertos |
| Longitud de onda | Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm |
| Tasa de Transmisión | 2.5/1.2 Gbps downstream y 1,2 Gbps rendimiento de velocidad de línea |
| Backplane | 200 Gbps |
| Módulos ópticos (SPF) | B+ o C+, máximo de 40 km de distancia diferencial |
| Máxima Relación de división óptica por puerto GPON | 1:128 |
| Sensitividad | -28dBm |
| Características de Operación | |
| Alimentación | DC: -38.4VDC a -72VDC; AC: 100V a 240V |
| Temperatura de operación y almacenamiento | -40° F to +149° F -40° F to +158° F |
| Enfriamiento | Dos ventiladores de varias velocidades proveen flujo de aire forzado de izquierda a derecha. |
| Humedad | 5 % a 85 %, sin condensación. Altitud: 60 m bajo el nivel del mar a 4,000 m sobre el nivel del mar. |

Tabla 4.3: Tabla Resumen de las características de la OLT MA5608T

ONT (Optical Network Terminal)

El equipo sugerido de ONT es el modelo HG8245, con las siguientes características.

- Cuatro puertos Ethernet 10/100/1000M Base-T, que pueden conectarse a los terminales de PC, STB (Set Top Box), y teléfonos de video proporcionando datos de alta velocidad y servicios de vídeo.
- Dos puertos TEL, que pueden ser conectados a aparatos telefónicos o máquinas de fax para proporcionar servicios de VoIP o FoIP.
- Dos antenas Wi-Fi, que proporciona una red inalámbrica segura y fiable de alta velocidad.

- Un puerto USB, que puede ser conectado a un dispositivo de almacenamiento USB para proporcionar servicios uso compartido de archivos dentro de una red doméstica.

4.3. Presupuesto Óptico

El cálculo del presupuesto óptico consiste en determinar si la atenuación debida a los elementos de la red están dentro del margen permitido por la empresa CNT, siendo este valor 25dB.

En la figura 4.11, se presenta un esquemático del número de conectores y fusiones que corresponden a los elementos de unión e interconexión.

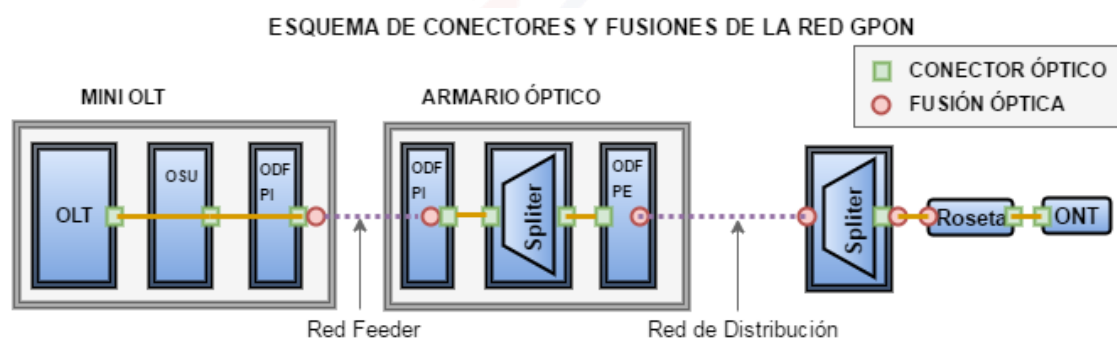


Figura 4.11: Esquemático de los elementos de unión e interconexión necesarios
Fuente: Autores

Se debe obtener el valor de la atenuación en cada caja de dispersión, para esto se deben considerar las pérdidas de los elementos intermedios de acuerdo a la arquitectura de la red presentados en la figura 4.11. En la tabla 4.4, se adjunta las pérdidas a considerar.

Es importante mencionar que pueden existir fusiones en las rutas de distribución de los cables de fibra, las mismas que no pueden sobrepasar un máximo de 3 por ruta. Por tanto, las pérdidas causadas por este proceso deben agregarse a las consideradas por los elementos de interconexión detalladas en la tabla 4.4. Como parte de comprobación de la validez del diseño, se calcula el presupuesto óptico en cada caja de dispersión. En la tabla 4.5, se presenta el cálculo de la caja con mayor atenuación.



| Pérdidas de acuerdo a los elementos de la Red | | | |
|---|-----------------------|---------------------|--|
| Elementos de Interconexión | Pérdidas por elemento | Número de Elementos | Pérdidas Totales |
| Conectores (mated) ITU671 | 0,50 dB | 10 | 5 dB |
| Fusión splices ITU751 | 0,10 dB | 6 | 0,6 dB |
| Splitter 1X2 | 3,50dB | 1 | 3,50 dB |
| Splitter 1X16 | 21dB | 1 | 21 dB |
| Atenuación (Longitud de onda 1310 nm) | 0,35 dB/km | Variable | Se calculan de acuerdo a las rutas de distribución |

Tabla 4.4: Pérdidas por elementos de interconexión

| CAJA DE DISPERSIÓN T3 | | |
|-----------------------|----------|------------|
| Elemento | Cantidad | Atenuación |
| Conectores | 10 | 5dB |
| Fusiones | 6 | 0,6dB |
| Fusiones Distribución | 3 | 0,3dB |
| Splitter 1x2 | 1 | 3,50dB |
| Splitter 1x16 | 1 | 21dB |
| Fibra | 3033 m | 1,07dB |
| Total =24,47dB | | |

Tabla 4.5: Cálculo de las pérdidas Totales en la caja más lejana

El resultado obtenido para la caja más lejana y con mayor atenuación es $-24,47dB$ y se encuentra dentro de los parámetros exigidos por la empresa CNT EP. Además, se verifica que dicha atenuación no afecta la calidad del enlace ya que no sobrepasa la sensibilidad del equipo OLT que corresponde a $-28dBm$ (tabla 4.3).

4.4. Cálculo de la Capacidad

En esta sección se realiza los cálculos de ancho de banda respectivos para los servicios de IPTV, internet y VoIP de acuerdo a la demanda proyectada para cada año en la sección 3. Antes, se presenta datos del tráfico de internet y telefonía fija correspondientes a la red de cobre actual.

4.4.1. Ancho de Banda de la Red de Cobre

En la red de cobre actual se brindan servicios de internet y telefonía fija, para esto CNT EP utiliza un enlace de transmisión correspondiente a un STM-16 (2.5 Gbps). En la tabla 4.6 se estima el ancho de banda para la red, tomando como base los datos de consumo provistos por CNT EP.

| Ancho de Banda Actual | | | |
|-----------------------|----------|-------------|-----------|
| Servicio | Usuarios | down [Mbps] | up [Mbps] |
| Telefonía | 1083 | 6,93 | 6,93 |
| Internet | 560 | 281,96 | 78,75 |
| | | 288,89 | 85,68 |
| BW [Mbps] | | 374,58 | |

Tabla 4.6: Ancho de Banda usado en la Red de Cobre

El ancho de banda utilizado por la Red de Cobre corresponde a 374.58 Mbps, por lo tanto, el enlace de transmisión es suficiente para cubrir los servicios actuales. Es importante mencionar que los planes de internet ofertados tienen compresión 8:1 lo que reduce considerablemente el consumo total de ancho de banda.

4.4.2. Ancho de banda para Internet

Para éste análisis se presentan cinco escenarios que simulan el requerimiento de ancho de banda anual según la migración e incorporación de los usuarios a los planes FTTH desarrollados en la sección 3.7. Los escenarios que se presentan a continuación, incorporan a los clientes que mantienen el plan de internet con el ancho de banda de la red de cobre, es decir; estos clientes aún no son migrados a los planes FTTH.

ESCENARIO 1

Tabla 4.7

ESCENARIO 2

Tabla 4.8

Para el escenario 2 se nota que el ancho de banda necesario es de 3.78 Gbps el cual es superior al enlace de transmisión que posee actualmente CNT EP para Gral. Leónidas Plaza (STM-16), esto implica realizar una inversión en la Red de Transmisión (la inversión se estiman en la sección 5).



| Escenario 1 | | BW por usuario [Mbps] | | | BW por Plan [Mbps] | |
|--------------------|----------|-----------------------|----|--------------|--------------------|--------|
| Plan | Usuarios | Down | Up | Compartición | Down | Up |
| Internet | 609 | 3 | 1 | 8 | 228,38 | 76,13 |
| Plan residencial 1 | 83 | 5 | 2 | 2 | 206,40 | 82,56 |
| Plan residencial 2 | 31 | 10 | 3 | 2 | 154,80 | 46,44 |
| PYMES | 12 | 15 | 3 | 2 | 87,08 | 17,42 |
| Corporativo | 4 | 20 | 3 | 2 | 38,70 | 5,81 |
| Total | 738 | | | | 715,35 | 228,35 |
| | | | | Total [Gbps] | 0,92 | |

Tabla 4.7: Ancho de Banda para el Escenario 1

| Escenario 2 | | BW por usuario [Mbps] | | | BW por Plan [Mbps] | |
|--------------------|----------|-----------------------|----|--------------|--------------------|--------|
| Plan | Usuarios | Down | Up | Compartición | Down | Up |
| Internet | 390 | 3 | 1 | 8 | 146,16 | 48,72 |
| Plan residencial 1 | 474 | 5 | 2 | 2 | 1185,98 | 474,39 |
| Plan residencial 2 | 178 | 10 | 3 | 2 | 889,49 | 266,85 |
| PYMES | 67 | 15 | 3 | 2 | 500,34 | 100,07 |
| Corporativo | 22 | 20 | 3 | 2 | 222,37 | 33,36 |
| Total | 1131 | | | | 2944,34 | 923,38 |
| | | | | Total [Gbps] | 3,78 | |

Tabla 4.8: Ancho de Banda para el Escenario 2

ESCENARIO 3

Tabla 4.9

| Escenario 3 | | BW por usuario [Mbps] | | | BW por Plan [Mbps] | |
|--------------------|----------|-----------------------|----|--------------|--------------------|---------|
| Plan | Usuarios | Down | Up | Compartición | Down | Up |
| Internet | 234 | 3 | 1 | 8 | 87,70 | 29,23 |
| Plan residencial 1 | 429 | 5 | 2 | 2 | 1073,29 | 429,32 |
| Plan residencial 2 | 549 | 10 | 3 | 2 | 2742,85 | 822,86 |
| PYMES | 179 | 15 | 3 | 2 | 1341,61 | 268,32 |
| Corporativo | 36 | 20 | 3 | 2 | 357,76 | 53,66 |
| Total | 1426 | | | | 5603,21 | 1603,39 |
| Total [Gbps] | | | | | 7,04 | |

Tabla 4.9: Ancho de Banda para el Escenario 3

ESCENARIO 4

Tabla 4.10

| Escenario 4 | | BW por usuario [Mbps] | | | BW por Plan [Mbps] | |
|---------------------|----------|-----------------------|----|--------------|--------------------|---------|
| Plan | Usuarios | Down | Up | Compartición | Down | Up |
| Internet | 94 | 3 | 1 | 8 | 35,08 | 11,69 |
| Plan residencial 1 | 573 | 5 | 2 | 2 | 1433,18 | 573,27 |
| Plan residencial 2 | 733 | 10 | 3 | 2 | 3662,56 | 1098,77 |
| PYMES | 239 | 15 | 3 | 2 | 1791,47 | 358,29 |
| Corporativo | 48 | 20 | 3 | 2 | 477,73 | 71,66 |
| Total | 1686 | | | | 7400,01 | 2113,68 |
| Total [Gbps] | | | | | 9,29 | |

Tabla 4.10: Ancho de Banda para el Escenario 4

ESCENARIO 5

Tabla 4.11

| Escenario 5 | | BW por usuario [Mbps] | | | BW por Plan [Mbps] | |
|---------------------|----------|-----------------------|----|--------------|--------------------|---------|
| Plan | Usuarios | Down | Up | Compartición | Down | Up |
| Internet | 0 | 3 | 1 | 8 | 0,00 | 0,00 |
| Plan residencial 1 | 674 | 5 | 2 | 2 | 1683,90 | 673,56 |
| Plan residencial 2 | 861 | 10 | 3 | 2 | 4303,30 | 1290,99 |
| PYMES | 281 | 15 | 3 | 2 | 2104,88 | 420,98 |
| Corporativo | 56 | 20 | 3 | 2 | 561,30 | 84,20 |
| Total | 1871 | | | | 8653,38 | 2469,72 |
| Total [Gbps] | | | | | 10,86 | |

Tabla 4.11: Ancho de Banda para el Escenario 5

Existe una diferencia considerable en el ancho de banda que se ocupa entre la red de cobre y en la red FTTH, debido a la menor compresión que ofrece CNT EP para estos planes.

4.4.3. Ancho de banda para VoIP

El análisis para cursar el tráfico de llamadas está ligado a dos factores fundamentales:



1. **Volumen de tráfico cursado:** hace referencia a las llamadas que debe soportar la red.
2. **Tipo de códec:** genera los paquetes de voz y define su tamaño, es decir la cabecera + información útil.

Además, para éste análisis es necesario tener en cuenta la capacidad de bloqueo del sistema, lo que se refiere a la “probabilidad de que un usuario entre al sistema para realizar una llamada y no disponga de recursos para cursarla” [36]. Para las redes telefónicas la capacidad de bloqueo es de 1 %.

VOLUMEN DE TRÁFICO CURSADO

El objetivo de este análisis es estimar la cantidad de canales de voz necesarios para el volumen de tráfico cursado. Para esto se analiza los registros CDR (*Call Detail Recod*) de CNT EP y se obtiene el tráfico en la hora cargada BHT (Busiest Hour Traffic) estimando así el tráfico donde el número de intentos de llamada son elevados. Para este análisis se realiza el supuesto de que el tiempo medio de uso del teléfono al día son 15min por usuario, determinado a través del juicio experto del departamento técnico de CNT EP. A continuación, se determina el número de canales necesarios para soportar a los clientes incluida la demanda futura:

El tráfico en la hora de carga corresponde al 15 % o 20 % del tiempo medio de uso del teléfono al día [36], así tenemos que el *tráfico en minutos* en la hora de carga por usuario es:

$$15min \cdot 20\% = 3min$$

Para pasar el *tráfico de minutos* a *Erlangs* dividimos para 60min con lo cual tenemos que:

$$E_r = \frac{3min}{60min} = 0,05E_r$$

Entonces se calcula el BHT para todos los clientes de la red en el último año.

$$BHT[E_r] = E_r \cdot clientes = 0,05E_r \cdot 1871 = 93,5E_r$$

Utilizando la probabilidad de bloqueo del 1 % y la fórmula del Erlang B se obtiene el número de canales de voz necesarios para cursar el tráfico BHT, siendo

éste 114 Canales de Voz.

CÓDEC

Existen diferentes tipos de códec en los que el consumo de ancho de banda está directamente relacionado con la calidad del servicio, es decir mayor ancho de banda implica mayor calidad del servicio. El códec que se utiliza para el análisis es el G.729, a continuación, se determina el ancho de banda para el códec.

El ancho de banda en VoIP se calcula con la ecuación 4.1 en función de dos parámetros:

$$BW_{VoIP} = \text{Tamaño total del paquete} \cdot PPS \quad (4.1)$$

1. **Tamaño del paquete:** Se compone de encabezados de tamaño fijo que se encuentran estandarizados y de la carga útil según el códec utilizado. El Tamaño total del paquete se describe en la ecuación 4.2.

$$\text{Tamaño total del paquete} = \text{Encabezado}_{Ethernet+IP/UDP/RTP} + \text{Carga útil} \quad (4.2)$$

Donde los tamaños de los encabezados son:

$$IP+UDP+RTP: IP(20bytes) + UDP(8bytes) + RTP(12bytes) = 40bytes$$

$$Ethernet: 18bytes$$

El tamaño de la carga útil de voz para el códec G.729 es de 160 bits por paquete o 20 bytes por paquete.

Estos parámetros reemplazamos en la ecuación 4.1 y se obtiene el tamaño total del paquete:

$$\text{Tamaño total del paquete} = 40 + 18 + 20 = 78bytes$$

2. **PPS (Paquets Per Second):** Es la cantidad de paquetes que se deben transmitir por segundo según la velocidad del códec (ecuación 4.3).

$$PPS = \text{velocidad de bits en códec} / \text{tamaño de la carga útil de voz} \quad (4.3)$$



Para el códec G.729 tenemos:

$$PPS = 8Kbps / 160bits \text{ por paquete} = 50pps$$

Entonces para encontrar el ancho de banda para VoIP se utiliza la ecuación 4.1:

$$BW_{VoIP} = 78 \text{ bytes} \cdot 50pps$$

$$BW_{VoIP} = 624 \text{ bits} \cdot 50pps$$

$$BW_{VoIP} = 31,2Kbps$$

Éste es el ancho de banda para un usuario en un sentido, por lo tanto, se requiere el doble para establecer la comunicación con otro usuario.

$$BW_{VoIP} = 31,2Kbps \cdot 2 = 62,4Kbps$$

Una vez obtenido el número de canales de voz y el ancho de banda requerido por el códec, se calcula la capacidad necesaria para el tráfico de VoIP.

$$\text{Ancho de banda para VoIP} = 114 \text{ Canales de voz} \cdot 64,2Kbps$$

$$\text{Ancho de banda para VoIP} = 6,95Mbps$$

4.4.4. Ancho de banda para IPTV

El cálculo del ancho de banda para IPTV se lo realiza en función del número de televisores por hogar y el tipo de paquete contratado, pudiendo diferenciar a éste último en SD o HD. En la tabla 4.12 se estima el ancho de banda requerido para brindar el servicio IPTV, en base al número de clientes estimados para cada plan FTTH proyectado en la sección 3.7.

El ancho de banda necesario para brindar IPTV es muy alto, y no se considera viable implementarlo debido a que falta equipamiento en el *backbone* nacional. Además, de acuerdo a información comercial de CNT EP. se considera a la televisión DHT como un servicio rentable que no es necesario reemplazarlo por otra tecnología.

| Ancho de Banda requerido para el servicio VoIP | | | | |
|--|----------|-----------------------|-------------|--------------|
| Planes | Clientes | Televisores por hogar | | Total [Gbps] |
| | | SD 2 [Mbps] | HD 8 [Mbps] | |
| Plan residencial 1 | 674 | 2 | 0 | 2,63 |
| Plan residencial 2 | 861 | 1 | 1 | 8,40 |
| PYMES | 281 | 1 | 0 | 0,55 |
| Corporativo | 56 | 0 | 0 | 0,00 |
| Total | 1871 | | | 11,58 |

Tabla 4.12: Ancho de Banda requerido para el servicio VoIP



Capítulo 5

Análisis Económico

Una vez realizado el diseño de la red en base a la demanda actual y futura, es posible establecer el costo de la inversión necesaria para la implementación del proyecto. El objetivo de este capítulo es determinar los ingresos, costos y gastos de la red durante 5 años de operación, con la finalidad de realizar un análisis de rentabilidad económica.

5.1. 5.1 Determinación de dos Egresos

Para la determinación de los egresos del proyecto se considera el costo total de inversión, los costos de operación de la red, costos por promoción y propaganda, así como también los gastos administrativos y de atención al cliente. Como un factor adicional se considera el índice de inflación proporcionado por el Instituto de Estadísticas y Censos.

5.1.1. CAPEX Y OPEX del Diseño De Red

Los gastos necesarios para la implementación de este proyecto pueden dividirse en dos grupos que son:

- El capital de Inversión (CAPEX)
- Gastos Operativos (OPEX)

CAPEX

El CAPEX corresponde al valor de la infraestructura de red necesaria para el despliegue, costos de expansión, así como también gastos iniciales relacionados

con obras civiles. Este valor se encuentra sujeto a la depreciación en el tiempo. [37]

OPEX

El OPEX hace referencia a los gastos necesarios para mantener operativa la red. Este rubro engloba gastos de operación y mantenimiento de la infraestructura de telecomunicaciones, así como también los gastos por comercialización o propaganda, administración, costos de instalación, etc. [37]

5.1.2. Determinación de los Costos de Inversión (CAPEX)

Para calcular el costo de inversión, es necesario contabilizar el número de elementos pertenecientes a cada etapa de la red (*feeder*, distribución, dispersión). En el diseño de la red en el programa AUTOCAD, se detallaron las características de cada ítem, con la finalidad de extraer de manera automática el número de elementos. En la tabla 5.1, se presentan los volúmenes de obra.

Una vez determinada la cantidad total de elementos de la red, el siguiente paso es obtener el costo total de inversión que se requerirá para la implementación del proyecto. Para esto, se toma en cuenta la lista de materiales y precios homologados de la Empresa CNT. Como un rubro adicional se considera el desmontaje de la red de cobre, este valor se encuentra incluido en el presupuesto previsto para canalización. En la tabla 5.2 se expresa el precio correspondiente a cada etapa de red.

5.1.3. Determinación de los Costos Operativos (OPEX)

Para el proyecto de red se consideraron los gastos de instalación por usuario, además los gastos de mantenimiento y atención a fallas durante los 5 años de proyección, gastos relacionados con *marketing* y propaganda y los gastos administrativos. Todos estos costos son sensibles a la tasa de inflación. En la tabla 5.3, se presenta un resumen de estos rubros.

5.1.4. Depreciación

La depreciación se refiere al desgaste de los activos fijos durante el lapso de su vida útil y aprovisionamiento para su sustitución. Para el análisis de rentabilidad

VOLÚMENES DE OBRA

| FIBRA ÓPTICA G652D | | | CANALIZACIÓN 2 VÍAS + TRIDUCTO | |
|--------------------|-------|--------------|--------------------------------|--------------|
| TIPO | HILOS | CANTIDAD (m) | TIPO | CANTIDAD (m) |
| AÉREA | 6 | 4369 | Acera-Adoquín | 171 |
| | 12 | 4305 | Asfalto-Adoquín | 95 |
| | 24 | 2390 | POZOS DE MANO | |
| | 48 | 0 | TIPO | CANTIDAD (U) |
| SUBTERRÁNEA | 6 | 0 | Acera 0,6 x 0,6 x 0,6 | 2 |
| | 12 | 0 | Calzada 0,6 x 0,6 x 1,2 | 18 |
| | 24 | 380 | PREFORMADOS | |
| | 48 | 640 | TIPO | CANTIDAD (U) |
| ETIQUETAS | | | SUBIDAS DE FIBRA ÓPTICA | |
| TIPO | | CANTIDAD (U) | TIPO | CANTIDAD (m) |
| Pozo | | 68 | Pared | 100 |
| Aéreas | | 241 | Poste | 90 |
| CAJAS NAP | | | FUSIONES | |
| TIPO | | CANTIDAD (U) | TIPO | CANTIDAD (U) |
| Aéreas | | 85 | Caja | 191 |
| Adosadas | | 15 | Manga | 69 |
| HERRAJES DE POZO | | | SANGRADOS | |
| 71 | | | 98 | |
| HERRAJES DE POSTE | | | SPLITTER | |
| TIPO | | CANTIDAD (U) | TIPO | CANTIDAD (U) |
| Retención 1-3 | | 171 | 1 X 16 | 101 |
| Suspensión | | 57 | 1 X 2 | 60 |

Tabla 5.1: Volúmenes de Obra del Diseño de Red

Fuente: Autores

se considerará este factor en dos escenarios, el primero considerando que tanto la infraestructura de red y los equipos activos se deprecien en un período de 5 años, el segundo en un período de 10 años.



| Rubros | Inversión |
|--|-----------------------|
| Equipo OLT (HUAWEI S300 -Equipamiento ODF) | 27.072,00 USD |
| Red <i>Feeder</i> | 141,40 USD |
| Red de Distribución | 112.985,25 USD |
| Red de Transmisión | 50.000,00 USD |
| Red de Dispersión | 27.181,60 USD |
| Canalización | 24.467,70 USD |
| Equipos terminales (ONT) | 159.035,00 USD |
| TOTAL | 400.882,95 USD |

Tabla 5.2: Presupuesto Referencial Del Diseño De La Red

| COSTOS OPERACIONALES | VALOR POR USUARIO |
|-------------------------------------|-------------------|
| Costos de instalación (por usuario) | 9,23 USD |
| Mantenimiento y atención de fallas | 12,66 USD |
| Publicidad y propaganda | 1,50 USD |
| Tasa de inflación | 1,42 % |

Tabla 5.3: Costos Operacionales [12]

5.2. Determinación de los Ingresos

Los ingresos del proyecto son contabilizados a partir de la etapa de operación de la red, estos son:

- Costo de Suscripción (Nuevos Clientes).
- Pago mensual de los clientes migrados de la red de cobre.
- Pago de los clientes nuevos de la red.

5.2.1. Planes Sugeridos

Debido a que la red va a mejorar sus prestaciones en cuanto a ancho de banda, se sugieren nuevas velocidades para los planes residenciales y corporativos. Para la elaboración de estos planes se toma como base los precios ofrecidos por la empresa CNT y las promociones al momento de adquirir tres servicios (15 %) y dos servicios (10 %). Estos se detallan en la tabla 5.4.



| TIPO 1 | | TIPO 2 | | PYMES | | CORPORATIVOS (Básico) | |
|---|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| Telefonía | 7,07 | Telefonía | 7,07 | | | | |
| Internet 5x2 Mbps | 20,52 | Internet 10x3 Mbps | 41,04 | Telefonía | 7,07 | | |
| Televisión | 19,96 | Televisión | 19,96 | Internet 15x3 Mbps | 56,89 | Telefonía | 15,99 |
| TOTAL | 47,55 | TOTAL | 68,07 | TOTAL | 63,96 | Internet 20x3 Mbps | 64,00 |
| Descuento 15 % | 40,17 | Descuento 15 % | 57,61 | Descuento 10 % | 56,56 | TOTAL | 79,99 |
| *COSTO DE INSCRIPCIÓN NUEVOS USUARIOS= \$60,00 Valor en dólares. | | | | | | | |

Tabla 5.4: Planes Sugeridos

Fuente: Autores

5.2.2. Determinación del ARPU de La Ciudad de General Léonidas Plaza

Para determinar los ingresos correspondientes al consumo de los clientes, se calculó el Ingreso medio por Usuario o ARPU (por sus siglas en inglés). Este valor se obtiene dividiendo los ingresos obtenidos en un período para el número total de clientes activos.

ARPU PARA SERVICIOS ÚNICOS

Se estima que durante el primer año de operación los clientes de la red de cobre deben conservar por lo menos los servicios que tenían antes de la migración, por esta razón se determina un ARPU para cada servicio.

- ARPU Telefonía
- ARPU Internet
- ARPU Televisión DTH

ARPU GENERAL

Este valor se calcula para los clientes activos que poseen más de un servicio.



ARPU PLANES

Para calcular este valor se considera que la presentación de nuevos planes con mayores prestaciones van a incrementar el ARPU correspondiente a nuevos usuarios que se incorporen a la red, por esta razón se estima que este puede crecer un 5 %.

Por último, de acuerdo a la tendencia de los servicios de telecomunicaciones en dónde aumentan las prestaciones de los planes pero su valor económico al público disminuye, se considera una reducción anual correspondiente a USD 1.55 en el ARPU. Este valor fue obtenido del reporte realizado por la Empresa CNT en su análisis de rentabilidad. [38]

En la tabla 5.5 se presentan los valores para cada ARPU.

| | | | | | |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ARPU TELF. FIJA | 7,79 USD | 6,24 USD | 4,69 USD | 3,14 USD | 1,59 USD |
| ARPU INTERNET | 21,22 USD | 19,67 USD | 18,12 USD | 16,57 USD | 15,02 USD |
| ARPU TELEVISIÓN | 17,77 USD | 16,22 USD | 14,67 USD | 13,12 USD | 11,57 USD |
| ARPU GENERAL | 23,89 USD | 22,34 USD | 20,79 USD | 19,24 USD | 17,69 USD |
| ARPU PLANES | | 25,08 USD | 23,53 USD | 21,98 USD | 20,43 USD |

Tabla 5.5: Ingreso Medio por Usuario de los servicios de Telecomunicaciones
Fuente: Autores

5.3. Flujo de Efectivo

Para determinar los ingresos se considera la sección 3.7, en dónde se detalla la migración e incorporación de nuevos clientes a la red. Estos datos se multiplican por el ARPU correspondiente y se obtienen los ingresos por ventas de planes. Para obtener los ingresos totales de operación de la red se deben agregar los cobros por suscripción que se aplican únicamente a clientes nuevos. Por otra parte, para determinar los egresos totales, deben considerarse los gastos operacionales y de inversión. La adquisición de los equipos terminales de usuario (ONT) se realiza de acuerdo a la demanda de cada año. Como la empresa CNT forma parte del sector público, no está sujeta a pagar el 15 % correspondiente a utilidades. En la tabla 5.6, se presenta a detalle el flujo de efectivo para cada año.

FLUJO DE CAJA

| INVERSIÓN: 400882,95 | | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
|--|--------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | ITEM | TOTAL | TOTAL | TOTAL | TOTAL | TOTAL |
| FLUJO DE OPERACIÓN | | | | | | |
| Ingresos Operacionales | | | | | | |
| Ingresos usuarios cobre | | 231394,00 | 351973,89 | 349883,42 | 347847,61 | 339376,18 |
| Suscripción | 60,00 | 7740,00 | 6840,00 | 5820,00 | 4860,00 | 3960,00 |
| Ingreso nuevos usuarios | | 15717,23 | 57418,42 | 83465,10 | 101271,60 | 112001,49 |
| TOTAL INGRESOS OPERACIONALES | | 254851,23 | 416232,31 | 439168,53 | 453979,21 | 455337,67 |
| Egresos Operacionales | | | | | | |
| Costos de Instalación (por usuario) | 9,23 | 13964,99 | 9711,99 | 8263,71 | 6900,62 | 5622,73 |
| Mantenimiento y Atención de Fallas (por usuario) | 12,66 | 700,86 | 19154,58 | 20597,82 | 21825,84 | 22851,30 |
| Publicidad Y Propaganda (por usuario) | 1,50 | 3631,20 | 193,50 | 145,50 | 121,50 | 2806,50 |
| Gastos Administrativos y de atención al cliente | | 18598,00 | 18598,00 | 18598,00 | 18598,00 | 18598,00 |
| TOTAL | | 36895,05 | 47658,07 | 47605,03 | 47445,96 | 49878,53 |
| Tasa de Inflación | 0,01 | 523,91 | 676,74 | 675,99 | 673,73 | 708,28 |
| TOTAL EGRESOS OPERACIONALES | | 37418,96 | 48334,82 | 48281,02 | 48119,70 | 50586,81 |
| FLUJO DE INVERSIÓN | | | | | | |
| Egresos de Inversión | | | | | | |
| Equipo OLT (HUAWEI S300 -EQUIPAMIENTO ODF) | | 27072,00 | | | | |
| Canalización | | 24467,70 | | | | |
| Feeder | | 141,40 | | | | |
| Distribución | | 112985,25 | | | | |
| Dispersión | | 27181,60 | | | | |
| Equipos Terminales(equipos por mes) | 150,00 | 218695,00 | 17100,00 | 14550,00 | 12150,00 | 9900,00 |
| Transmisión | | | 50000,00 | | | |
| TOTAL EGRESOS DE INVERSION | | 410542,95 | 17100,00 | 14550,00 | 12150,00 | 9900,00 |
| RESUMEN DE FLUJO DE CAJA | | | | | | |
| INGRESOS | | | | | | |
| Ingresos Operacionales | | 254851,23 | 416232,31 | 439168,53 | 453979,21 | 455337,67 |
| TOTAL INGRESOS | | 254851,23 | 416232,31 | 439168,53 | 453979,21 | 455337,67 |
| EGRESOS | | | | | | |
| Egresos Operacionales | | 37418,96 | 48334,82 | 48281,02 | 48119,70 | 50586,81 |
| Egresos de Inversión | | 410542,95 | 17100,00 | 14550,00 | 12150,00 | 9900,00 |
| TOTAL DE EGRESOS | | 447961,91 | 56775,04 | 105462,62 | 54116,70 | 55473,26 |
| SUPERAVIT O DEFICIT MES | | -193110,68 | 359457,26 | 333705,91 | 399862,51 | 399864,42 |
| SALDO EN CAJA INICIAL | | 400882,95 | 207772,27 | 567229,54 | 900935,44 | 1300797,95 |
| FLUJO DE EFECTIVO | | 207772,27 | 567229,54 | 900935,44 | 1300797,95 | 1700662,37 |

Tabla 5.6: Flujo de Efectivo Proyectado

Fuente: Autores

5.4. Análisis de Rentabilidad

Una vez establecidos los rubros económicos de cada año, el siguiente paso es determinar si el proyecto genera beneficios económicos. Para esto se utilizará el indicador financiero EBITDA, además de realizar un análisis a partir del cálculo del Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno.



| ESTADO DE RESULTADOS | | | | | |
|-----------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
| INGRESOS | 254851,23 | 416232,31 | 439168,53 | 453979,21 | 455337,67 |
| CAPEX | 410542,95 | 17100,00 | 14550,00 | 12150,00 | 9900,00 |
| UTILIDAD BRUTA | -155691,72 | 399132,31 | 424618,53 | 441829,21 | 445437,67 |
| OPEX | 37418,96 | 48334,82 | 48281,02 | 48119,70 | 50586,81 |
| UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS | -193110,68 | 350797,49 | 376337,51 | 393709,51 | 394850,86 |
| IMPUESTOS | 23173,28 | 42095,70 | 45160,50 | 47245,14 | 47382,10 |
| UTILIDAD NETA | -256372,25 | 228525,20 | 251000,41 | 266287,78 | 267292,17 |
| DEPRECIACIÓN | 40088,30 | 80176,59 | 80176,59 | 80176,59 | 80176,59 |
| EBITDA | -643741,92 | 253520,90 | 281610,92 | 301382,92 | 304774,27 |

Tabla 5.7: Análisis del Flujo de Efectivo

Fuente: Autores

5.4.1. Estimación del Indicador Financiero EBITDA

El indicador financiero EBITDA se utiliza cuando se requiere una visión del rendimiento operativo de un proyecto que implica una inversión elevada. El EBITDA se calcula a partir del resultado final de explotación sin considerar impuestos, amortizaciones o depreciaciones. En el caso de obtener un EBITDA positivo se puede decir que el proyecto tendrá beneficios económicos, estos dependerán únicamente de la gestión financiera y del componente tributario. [39]

A partir de los resultados obtenidos en el flujo de efectivo, se determina el indicador EBITDA con la finalidad de estimar si el proyecto puede considerarse como rentable para la empresa CNT. En la tabla 5.7, se presenta el estado de resultados.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el proyecto puede ser considerado como rentable debido a que a partir del segundo año el indicador EBITDA presenta valores positivos considerablemente altos.

5.4.2. Valor Actual Neto (VAN) Y Tasa Interna De Retorno (TIR)

Para el cálculo de estos indicadores de rentabilidad se consideran dos escenarios, el primero estima la vida útil del proyecto a 5 años, mientras que el segundo escenario considera 10 años.

VALOR ACTUAL NETO

El cálculo del VAN permite conocer el valor presente de los flujos de efectivo generados a partir de un proyecto de inversión. La fórmula para calcular el VAN es la que se presenta a continuación:[40]

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN}{(1+i)^t} - I_0$$

En dónde:

BN es el beneficio neto del flujo.

i Tasa de inversión.

t período de tiempo.

I_0 Inversión Inicial.

De acuerdo a la actualización del Coste Medio Ponderado de Capital 2015 (WACC) por sus siglas en inglés, los proyectos públicos se acogen a una tasa de inversión correspondiente al 12 %.

TASA INTERNA DE RETORNO

Este indicador establece la rentabilidad de un proyecto en función de un porcentaje, calculado a partir de la maximización de la función del VAN. Si este valor supera a la tasa de inversión el presupuesto puede ser declarado rentable. La fórmula para determinar la TIR es la siguiente: [40]

$$\sum_{t=1}^n \frac{BN}{(1+i)^t} - I_0 = 0$$

CONDICIONES DE LOS RESULTADOS DE VAN Y TIR

Los valores de VAN y TIR pueden interpretarse de acuerdo a la tabla 5.8 :



| Condición | Significado |
|-----------------------|--|
| $VAN < 0$ y $TIR < 0$ | La rentabilidad es 0 no se recupera la inversión. |
| $VAN < 0$ y $TIR = 0$ | La rentabilidad es 0 se recupera la inversión. |
| $VAN < 0$ y $TIR > 0$ | La rentabilidad es menor a la exigida se recupera la inversión. |
| $VAN = 0$ y $TIR > 0$ | La rentabilidad es igual a la exigida después de recuperada toda la inversión. |
| $VAN > 0$ y $TIR > 0$ | La rentabilidad es mayor a la exigida después de recuperada toda la inversión. |

Tabla 5.8: Interpretación de los resultados de VAN y TIR [13]

5.4.3. Escenarios

PRIMER ESCENARIO

Se determinan los valores de VAN y TIR para el proyecto, en el primer escenario, se considera la depreciación de la red para un período de años de vida útil. Los resultados se presentan en la tabla 5.9.

| Inversión | Tasa |
|-----------|---------------|
| 400882,95 | 12 % |
| Año | Flujo de caja |
| 1 | -296460,55 |
| 2 | 228525,20 |
| 3 | 251000,41 |
| 4 | 266287,78 |
| 5 | 267292,17 |
| VAN | 817921,52 |
| TIR | 13 % |

Tabla 5.9: Determinación del VAN y TIR primer escenario

Fuente: Autores

Tomando en cuenta las consideraciones de la tabla 5.10, los valores de VAN Y TIR se consideran positivos y el proyecto puede ser declarado como rentable.

SEGUNDO ESCENARIO

En este escenario se considera que la red se deprecia durante un período de 10 años. Los resultados se presentan en la tabla 5.10.

| Inversión | Tasa |
|-----------|---------------|
| 400882,95 | 12 % |
| Año | Flujo de caja |
| 1 | -256372,25 |
| 2 | 268613,50 |
| 3 | 291088,71 |
| 4 | 306376,08 |
| 5 | 307380,47 |
| VAN | 962430,85 |
| TIR | 21 % |

Tabla 5.10: Determinación del VAN y TIR segundo escenario

Fuente: Autores

De acuerdo a los valores obtenidos, el proyecto puede considerarse como rentable en este escenario. Se presenta un aumento en la tasa interna de retorno, lo que se traduce en una mayor rentabilidad en comparación con el primer escenario. Por último, el proyecto puede ser declarado factible en el contexto económico de acuerdo a los análisis realizados en este capítulo.

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867



Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

Una vez finalizado el análisis e investigación necesarios para realizar la Planificación y Diseño de una Red Óptica Pasiva “GPON para la ciudad de General Leónidas Plaza Gutiérrez” se presentan las siguientes conclusiones:

- Por medio del estudio de mercado realizado en la zona a través del método de encuestas, se determina que el 72 % de la muestra poblacional puede convertirse en clientes potenciales de la red GPON de acuerdo a la disponibilidad de pago.
- El operador predominante de los servicios de telecomunicaciones es CNT EP. , siendo la única empresa encargada de brindar el servicio de telefonía fija, el porcentaje de penetración de este servicio se presenta en la tabla 6.1. Es importante mencionar que para la elaboración de estos porcentajes se tomaron como referencia el crecimiento poblacional proporcionado por el INEC y los datos de comercialización proporcionados por CNT, en dónde se determinan los servicios que se brinda a través de la red de cobre.
- El servicio de Televisión DTH en la ciudad es considerable debido a la falta de canales de señal abierta, por tanto es considerado de prioridad media en la población después del servicio de internet, el mismo que se encuentra con prioridad alta de utilización. Además la empresa CNT EP, no cuenta con planes para ofertar televisión IPTV. La red diseñada es capaz de soportar el tráfico de servicios *Triple-Play* y los equipos ONT fueron escogidos para brindar el servicio de Televisión, sin embargo de acuerdo a la realidad comercial y tecnológica de la empresa CNT EP. no se pretende



| PORCENTAJE DE PENETRACIÓN DEL SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA | | | | |
|--|----------------------|--------------------|--|---------------------------------------|
| AÑOS | Número de Habitantes | Líneas telefónicas | Porcentaje de penetración por Habitantes | Porcentaje de penetración por Familia |
| 2017 | 4249 | 1064 | 25,04 % | 75,12 % |
| 2018 | 4252 | 1174 | 27,61 % | 82,84 % |
| 2019 | 4246 | 1262 | 29,72 % | 89,17 % |
| 2020 | 4238 | 1329 | 31,36 % | 94,08 % |
| *Número de Habitantes por Familia = 3,78 | | | | |

Tabla 6.1: Porcentajes de Penetración del servicio de telefonía fija
Fuente: Autores

migrar a los usuarios DTH a IPTV en un futuro cercano. Además las dos tecnologías no podrían co-existir, debido a las políticas de la empresa de no ofrecer el mismo servicio a través de tecnologías de acceso diferentes.

- En las encuestas realizadas, se estima un crecimiento en el consumo de servicios de *streaming* por parte de la comunidad joven y residencial de la zona. Este hecho repercute de manera directa en la necesidad de incrementar las prestaciones de red, imponiendo un limitante tecnológico a la red de cobre existente y brindando un motivo de peso para la migración tecnológica.
- El diseño de la red se realizó bajo la premisa de reducir costos de inversión, sin afectar las prestaciones de la red. La utilización del equipamiento ODF Huawei S300 con la mini OLT es suficiente para la realidad física de la zona. Por tanto, para este proyecto el Modelo Masivos- Casas descrito en la Norma Técnica de Diseño y Construcción de la ODN proporcionado por la empresa CNT, no es aplicable, debido a que deben incorporarse gastos relacionados con la compra de armarios de distribución e implementación de obras civiles de canalización necesarias para la red *feeder*.
- La herramienta de dibujo AUTOCAD en conjunto con la normativa de Dibujo de CNT, permiten realizar un diseño detallado de cada elemento de la red, pudiendo agregarse todas las características necesarias para obtener de manera automática una base de datos con los volúmenes de obra requeridos. Además al contar con planos de la zona georeferenciados, puede migrarse esta información a un sistema GIS. En caso de presentarse alguna falla, de acuerdo al código de la etiqueta puede identificarse de forma ágil el sector en dónde se encuentra la caja de distribución y el número de fibra



correspondiente proceso que ayudaría a reducir los tiempos de respuesta a fallas de la empresa.

- De acuerdo al análisis de tráfico se determina que es necesaria una inversión para aumentar la capacidad del enlace de transmisión, este rubro se considera necesario a partir del segundo año de operación de la red.
- En cuanto al análisis de rentabilidad, se concluye que la empresa posee un mercado consolidado. El flujo de efectivo revela que los mayores ingresos corresponden a los clientes de la red de cobre a migrar, mientras que de acuerdo al crecimiento limitado de la demanda proyectada, el ingreso por los clientes nuevos es menor. Por tanto, una condición para que el proyecto sea rentable es que se mantenga el número de clientes consolidados una vez realizado el cambio tecnológico.
- Por último, de acuerdo a los indicadores financieros EBITDA, VAN Y TIR, se determina la factibilidad del proyecto desde el punto de vista de beneficios económicos. La red actual de cobre, no ha alcanzado su máximo de vida útil, sin embargo de acuerdo a la misión de la empresa de mantenerse a la vanguardia, el cambio de tecnología puede justificarse. Por tanto, esta decisión corresponde únicamente a políticas gerenciales internas de la empresa.



6.2. Recomendaciones

- Con la finalidad de identificar a los usuarios por un código común entre la empresa eléctrica y la empresa CNT, se recomienda obtener el código del medidor de cada cliente. Este proceso ayudará a realizar diseños de red más acertados, debido a que se pueden formar *clusters* de usuarios de acuerdo a la razón social del medidor y estimar los recursos de red necesarios. De igual manera se recomienda mantener actualizada la información del cliente.
- En la etapa de diseño se recomienda emplear la normativa de dibujo vigente a nivel nacional, para facilitar el intercambio de información entre áreas de planificación de ser necesario. Además es importante mantener actualizados los diseños en cuanto a cambio de cajas de distribución, colocación de nuevas cajas o cambios de domicilio de los usuarios.
- De acuerdo a la realidad de la zona en la que se pretenda realizar un diseño de red, se recomienda estudiar la posibilidad de reducir costos eliminando la construcción de armarios y obras civiles, por medio de la utilización de sub-redes de distribución que utilicen mini OLTs Huawei.
- De acuerdo al análisis económico realizado en la sección 5, la recuperación del capital de inversión del proyecto se estima en un período de 2 años una vez puesta en marcha la fase de operación. Aún cuando la red de cobre no ha alcanzado su tiempo máximo de vida útil, se recomienda analizar la posible implementación de este proyecto, desde el punto de vista tecnológico (mejores prestaciones para los usuarios) y económico (rentabilidad).



Anexo A

Encuestas

A.1. ENCUESTA GRUPO RESIDENCIAL

1. ¿Conoce UD. a la Empresa CNT. EP?

Si ☐

No ☐

2. ¿Cuántas personas habitan la vivienda?

Menores a 10 años ☐ Entre 11-18 años ☐ Mayores a 45 años ☐

Entre 31-45 años ☐ Entre 19-30 años ☐

3. Posee línea telefónica fija:

Si ☐

No ☐

4. Si su respuesta es afirmativa, su proveedor es : _____

5. Si no posee línea telefónica, le gustaría contar con un número telefónico

Si ☐

No ☐

6. Posee línea telefónica móvil

Si ☐

No ☐

7. Cuenta con servicio de internet

Si ☐

No ☐



8. Si su respuesta es afirmativa su proveedor de servicio es:

CNT EP. ☐ CLARO ☐ TV CABLE ☐
TELCONET ☐ OTRO _____

9. Si no posee servicio de internet le gustaría contar con el mismo.

Si ☐
No ☐

10. ¿Cómo se comunica Ud. con sus familiares/amigos en el exterior o en otras ciudades?

Teléfono Fija ☐ Teléfono Celular ☐ Internet ☐
Otro _____

11. Utiliza Servicios bancarios por Internet: _____

Si ☐
No ☐

12. Cuenta Ud. con servicio de Televisión Paga:

Si ☐
No ☐

13. Si su respuesta es afirmativa, su proveedor es:

CNT EP. ☐ CLARO ☐ TV CABLE ☐
DIRECTV ☐ Otro _____

14. Le gustaría contratar los 3 servicios por un sólo costo

Si ☐
No ☐

15. Cuánto estaría Ud. dispuesto a pagar por los servicios:

Menos de \$20 ☐ Entre \$30 y \$40 ☐ Entre \$40 y \$50 ☐
Entre \$20 y \$30 ☐ Más de \$50 ☐



A.2. ENCUESTA GRUPO COMERCIAL

- 1.Cuál es la razón social de su negocio/empresa/institución:

2. La empresa CNT les brinda algún servicio (Si la respuesta es no, pasar a la pregunta 7)

Si ☐

No ☐

3. Si la respuesta anterior fue afirmativa, qué servicio le proporciona CNT:

Telefonía Fija ☐ Internet ☐ Otro _____

4. ¿Qué velocidad tiene su plan de internet actual?

5. Le gustaría aumentar la velocidad de su plan.

Si ☐

No ☐

6. Cómo clasificaría usted al servicio que le brinda la empresa CNT:

Excelente ☐ Regular ☐ Deficiente ☐

7. Si no cuenta con servicios de telefonía o internet, le gustaría contar con los mismos:

Si ☐

No ☐

8. Cuántos empleados posee su negocio/empresa/institución.



9. Con que frecuencia utiliza en su negocio/empresa/institución los siguientes servicios:

| Servicios | Telefonía | Servicios de Videoconferencia | Servicios de correo | Redes Sociales |
|--------------|-----------|-------------------------------|---------------------|----------------|
| Siempre | | | | |
| Casi Siempre | | | | |
| Nunca | | | | |

10. Ha escuchado de los servicios de internet a través de fibra óptica.

Si ☐

No ☐

11. En el caso de que la empresa CNT EP. ofertara servicios a través de fibra, estaría interesado en utilizar estos servicios.

Si ☐

No ☐

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867



A.3. ENCUESTA GRUPO DE JÓVENES

1. ¿Conoce Ud. a la empresa CNT. EP?
Si ☐
No ☐
2. Su edad es:
Entre 11 y 13 ☐ Entre 14 y 17 ☐
Entre 18 y 21 ☐ Mayor a 21 ☐
3. Actualmente Ud. está cursando:
Escuela ☐ Colegio ☐
Universidad ☐ No Estudia ☐
4. ¿Tiene Ud. un teléfono móvil?
Si ☐
No ☐
5. Si su respuesta anterior fue afirmativa, su operador es (más de una casilla puede ser escogida) :
CNT EP. ☐ CLARO ☐
MOVISTAR ☐ TUENTI ☐
6. Dispone de datos en su teléfono celular:
Si ☐
No ☐
7. Posee Ud. de un plan contratado de internet fijo:
Si ☐
No ☐
8. El proveedor de internet fijo contratado en su hogar es:
CNT EP. ☐ CLARO ☐
TV CABLE ☐ OTRO
9. Actualmente su plan de internet fijo tiene una velocidad de:
Menor a 3 Mbps ☐ 3 Mbps ☐ Mayor a 3 Mbps ☐
Mayor a 5 Mbps ☐ No conozco la velocidad ☐
10. Considera Ud. que su plan de internet es:
Lento de acuerdo a sus necesidades, necesita mayor velocidad ☐
Suficiente de acuerdo a sus necesidades ☐



11. Indique con qué frecuencia utiliza los siguientes servicios:

| Servicios | Siempre (por lo menos 1 hora diaria) | Casi siempre (más de 3 veces a la semana) | Nunca |
|------------------|--------------------------------------|---|-------|
| Redes Sociales | | | |
| Youtube | | | |
| Netflix | | | |
| Juegos en línea | | | |
| Videoconferencia | | | |
| Correo | | | |

12. En qué lugar utiliza Ud. con mayor frecuencia Internet :

Casa ☐ Centro Educativo ☐ Ciber Café ☐
Trabajo ☐ OTRO _____

13. Para escoger un plan de internet usted se fija en (puede escoger dos opciones):

Velocidad ☐ Fiabilidad (servicio ininterrumpido) ☐
Precio ☐ El nombre de la empresa que va a contratar ☐



Anexo B

Diseño - Red de Dispersión



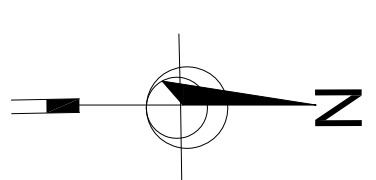
[illegible]

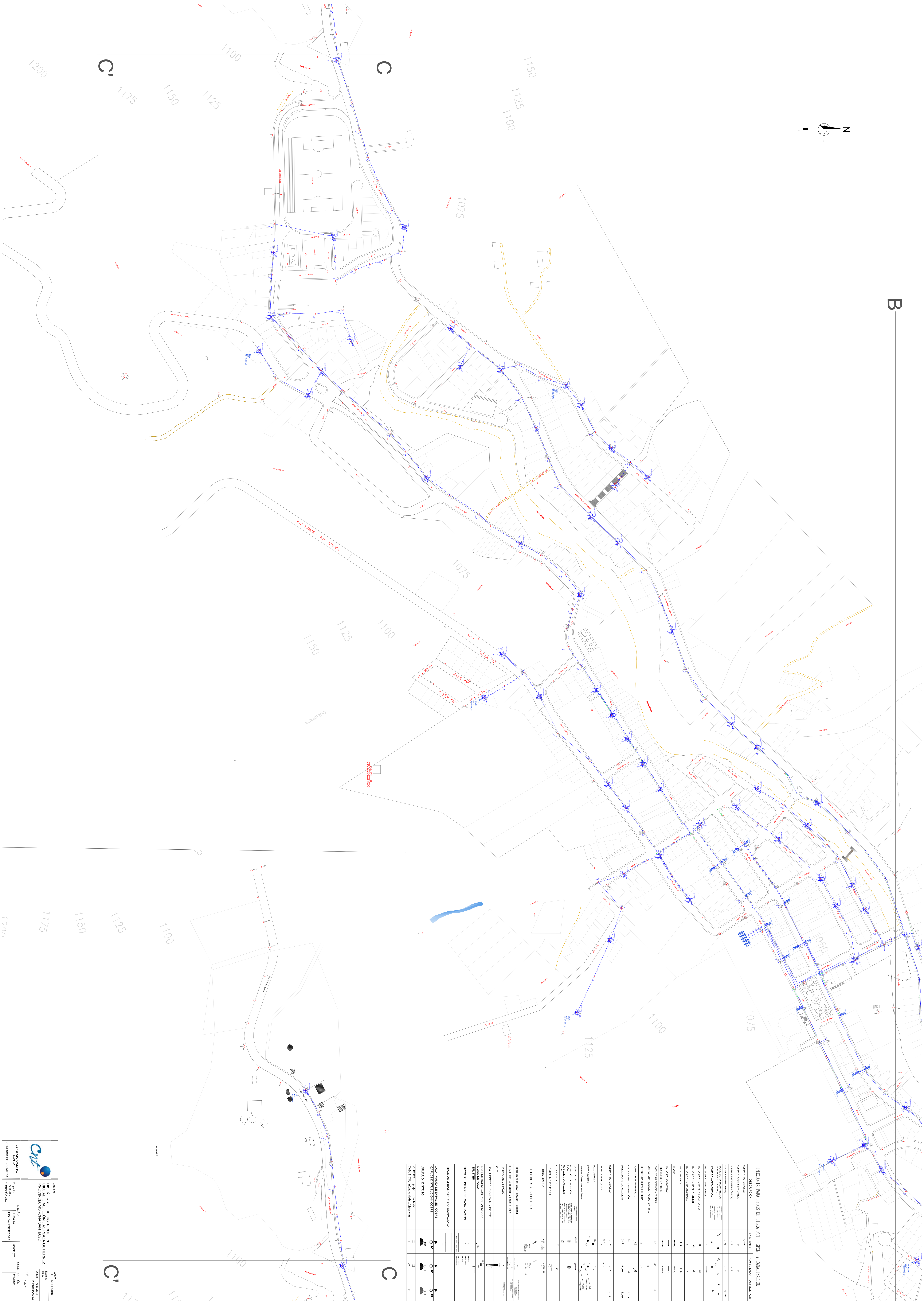
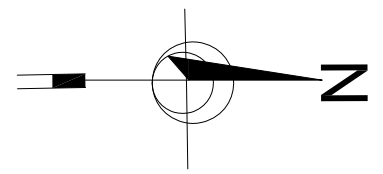


Anexo C

Diseño - Red de Distribución



[illegible]

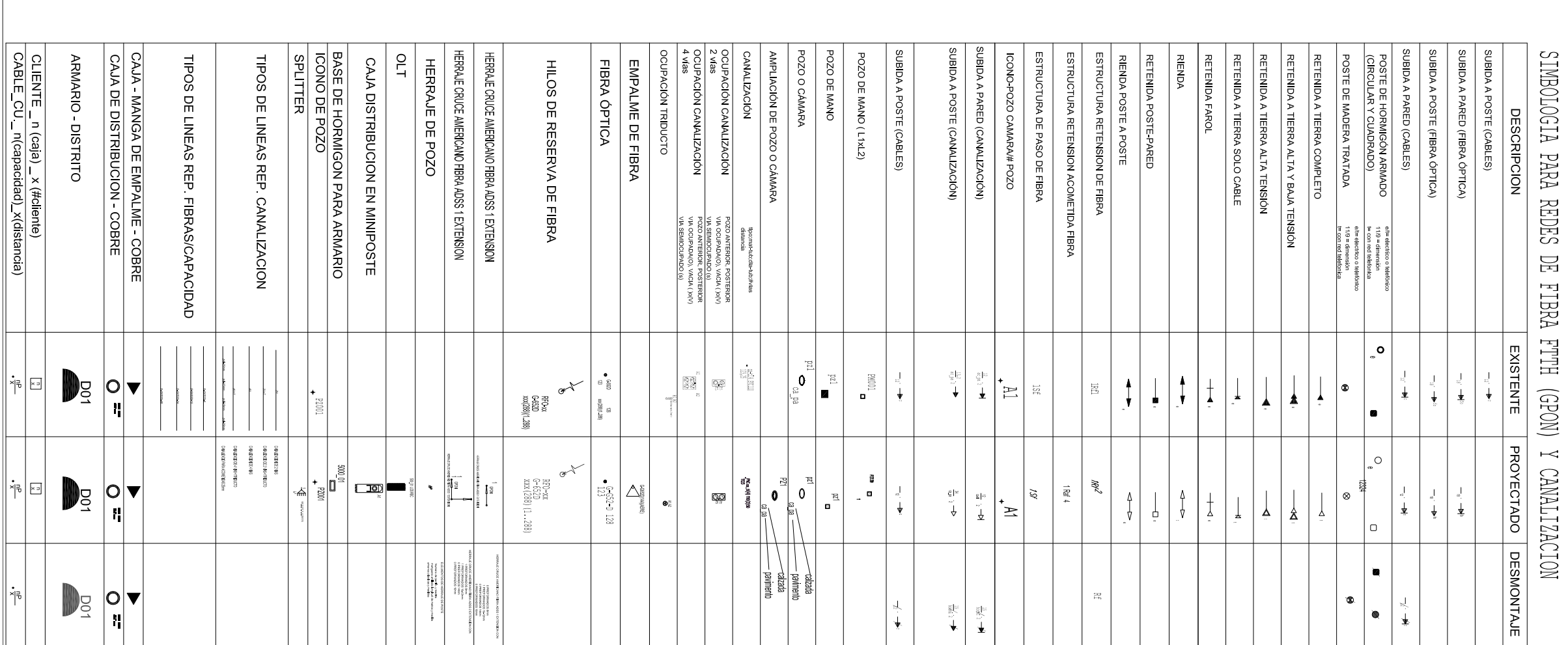
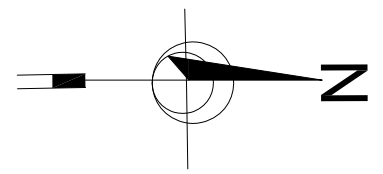
[illegible]



Anexo D

Diseño - Red de Canalización







Macas, Septiembre 27 de 2016
APMS-JT-ITM-241-2016

Sr.

Jhonny Lenin Guamán Rivera
Cédula: 0105478200
Ciudad.-

REF.: Oficio S/N del 27 de septiembre de 2016
ASUNTO: Certificado de culminación de proyecto de tesis

De mis consideraciones:

Según la revisión del proyecto sobre el desarrollo de su Trabajo de Tesis titulado: "DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA "GPON" PARA LA CIUDAD DE GENERAL LEONIDAS PLAZA GUTIÉRREZ", la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP valida el trabajo desarrollado, el mismo que se ha realizado acorde a la realidad de la cabecera cantonal General Leonidas Plaza del cantón Limón Indanza y las recomendaciones técnicas vigentes del sector de las telecomunicaciones.

Particular que comunico a Ud., para los fines pertinentes.

Atentamente,

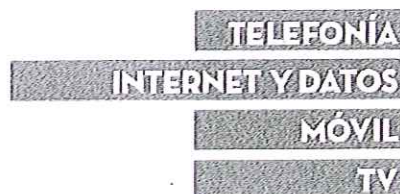


IVAN TENECORA MEJÍA
JEFE TÉCNICO CNT EP MORONA SANTIAGO
24 de Mayo entre Sucre y Cuenca
Telf: + (593 2) 3731700 Ext: 62012
Celular: + (593 9) 96183412
ivan.tenecora@cnt.gob.ec
www.cnt.gob.ec
Macas- Ecuador



www.cnt.gob.ec

Av. Amazonas N36-49 y Corea, Edificio Vivaldi





Macas, Septiembre 27 de 2016
APMS-JT-ITM-243-2016

Srta.

Paola Gabriela Hernández Guayara

Cédula: 0106550536

Ciudad.-

REF.: Oficio S/N del 27 de septiembre de 2016

ASUNTO: Certificado de culminación de proyecto de tesis

De mis consideraciones:

Según la revisión del proyecto sobre el desarrollo de su Trabajo de Tesis titulado: "DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA "GPON" PARA LA CIUDAD DE GENERAL LEONIDAS PLAZA GUTIÉRREZ", la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP valida el trabajo desarrollado, el mismo que se ha realizado acorde a la realidad de la cabecera cantonal General Leonidas Plaza del cantón Limón Indanza y las recomendaciones técnicas vigentes del sector de las telecomunicaciones.

Particular que comunico a Ud., para los fines pertinentes.

Atentamente,



IVAN TENECORA MEJÍA

JEFE TÉCNICO CNT EP MORONA SANTIAGO

24 de Mayo entre Sucre y Cuenca

Telf: + (593 2) 3731700 Ext: 62012

Celular: + (593 9) 96183412

ivan.tenecora@cnt.gob.ec

www.cnt.gob.ec

Macas- Ecuador



www.cnt.gob.ec

Av Amazonas N36-49 y Corea, Edificio Vivaldi

TELEFONÍA

INTERNET Y DATOS

MÓVIL

TV



Bibliografía

- [1] Rojas E. F and Poveda L. Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe 2015, Julio.
- [2] Herterich James Kospach Alexander Tommaso Ristori Luigi B. Decker Michelle, Roldán García José M. Signal propagation in nonlinear optical fibers. page 18, Junio 2011.
- [3] Rajiv Ramaswami and Kumar N. Sivarajan. *2 Chapter - Propagation of Signals in Optical Fiber*. The Morgan Kaufmann Series in Networking. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2002.
- [4] Furukawa Industrial S.A. *CABLE ÓPTICO AÉREO AUTOSOPORTADO PARA LARGOS VANOS*, 1 2016. Rev. 13.
- [5] Furukawa Industrial S.A. *CABLE OPTICO CFOA-FIG.8*, 6 2015. Rev. 7.
- [6] EP Gerencia de Ingeniería e Implementación CNT. Normas de Construcción de Planta Externa con Fibra Óptica ODN. Technical report, Corporación Nacional de Telecomunicaciones, Febrero 2015.
- [7] Urraza Juan. Triple play (convergencia de medios). *Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción*, page 30, 2010.
- [8] Campoverde Pacheco J. C. and Ordoñez Parra M. B. Diseño de una red FTTx con tecnología GPON para la cabecera Totoracocha. *Universidad de Cuenca*, page 122, 2015.
- [9] EP Gerencia de Ingeniería e Implementación CNT. Normativa de diseño de planta externa con fibra Óptica ODN – optical distribution network. Technical report, Corporación Nacional de Telecomunicaciones, Marzo 2015.



- [10] E. I. Alulima Salazar and C. A. Paladines Bravo. Diseño de una red GPON para la localidad de vilcabamba. *Universidad Particular de Loja*, page 108, Enero 2014.
- [11] Unidad de Procesamiento (UP) de la Dirección de Estudios Analíticos Estadísticos (DESAE). Población por área, según provincia, cantón y parroquia de empadronamiento. Technical report, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010.
- [12] EP Gerencia de Ingeniería e Implementación CNT. Guía Comercial cnt ep. 2015.
- [13] Solís Moscoso Danilo A. Análisis, diseño y plan de implementación de una red de telecomunicaciones en la parroquia Matus, cantón Penipe, provincia de Chimborazo, Junio 2016.
- [14] Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. Ecuador redujo el analfabetismo digital. *Boletín de Prensa*, Agosto 2013.
- [15] Dirección de Fomento de la Industria y Servicios para la Sociedad de la Información. Libro Blanco de Territorios Digitales en Ecuador. Technical report, Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2014.
- [16] Leonardo Uzcátegui and Javier Triviño. Next Generation Network.
- [17] M. A. Cabrera Idrovo and D. E. Farfán Guillén. Simulación de una red núcleo con MPLS para servicio triple play para un operador de telecomunicaciones en la provincia del azuay. *Universidad de Cuenca*, page 236, Julio 2016.
- [18] Malsha De Silva Ann Punchihewa Amal and Diao Yongseng. Internet protocol television (iptv). *Massey University, School of Engineering and Advanced Technology*, page 60, 2010.
- [19] sandvine Intelligent Broadband Networks. Global Internet Phenomena Latin America and North America, Mayo 2015.
- [20] García Yague Adolfo. GPON introducción y conocimientos generales. Technical report, Telnet, 2014.
- [21] TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU. Digital sections and digital line system – optical line systems for local and access



- networks-G.984.3. Technical report, International Union of Telecommunications, 2008.
- [22] Vallejo Espinosa R. D. Diseño de una red de última milla con tecnología GPON para la parroquia cumbayá en el distrito metropolitano de quito. *Universidad Internacional SEK*, page 179, 2013.
- [23] Optronics. Fibra óptica: Cables de distribución.
- [24] Furukawa Industrial S.A. *CABLE ÓPTICO AÉREO AUTOSOPORTADO*, 2 2016. Rev. 17.
- [25] Furukawa. Technical report.
- [26] TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU. Transmission media characteristics – characteristics of optical components and sub-systems G.671. Technical report, International Union of Telecommunications, 1996.
- [27] TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU. Construction, installation and protection of cables and other elements of outside plant L.12. Technical report, International Union of Telecommunications, 2008.
- [28] Guillermo Lamadrid Perojo, Miguel Alejandro Rodríguez Colmenares, Félix Fanjul Vélez, Noé Ortega Quijano, Irene Salas García, Susana Cámara, and José Luis Arce Diego. Pérdidas en curvaturas del estándar de fibra óptica G-657 para su implantación en la última milla. *URSI 2010, XXV Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio, Bilbao*, sep 2010.
- [29] Keiser Gerd. *Optical Fiber Communications*. McGraw Hill, Inc, 2005.
- [30] Rubén Iglesias Moureira. *Instalacion de Lineas y Equipos de Comunicacion Guia de Tecnicas y Procedimientos para la Verificacion y Puesta a Punto*. Ideaspropias Editorial S.L., December 2004.
- [31] María Cristina Castillo Jaramillo and Santiago Fernando Figueroa Torres. Determinación de la demanda, dimensionamiento y diseño de una red de servicios de telecomunicaciones, mediante la tecnología de acceso FTTH en el cantón Gualaceo para la empresa CNT EP. feb 2013.



- [32] Borja Sarango Christian A. and Peña Dután Daniel F. Análisis e Impacto de la Incorporación de IPTV sobre una Red GPON. *Universidad Politécnica Salesiana*, page 184, Julio 2014.
- [33] Lcdo. Ramos Anthony. Estadística aplicada a la investigación. Technical report, Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda".
- [34] Dirección de Estadísticas Ambientales DIEA. Información ambiental en hogares. Technical report, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, 2012.
- [35] Iñaki Morlán Santa Catalina. Modelos de innovación y de adopción de tecnologías de la información. pages 107–114, Septiembre 2010.
- [36] Huidobro Moya José M. *Tecnología VoIp y Telefonía IP*. 206.
- [37] Unión Internacional de Telecomunicaciones. Planificación Estratégica de Negocio. *Seminario UIT/BDT Costa Rica*, Noviembre 2002.
- [38] El Ciudadano. Nueva Visión Política de las Empresas Públicas.
- [39] Bonmati Martínez Julio. El EBITDA. *DIALNET*, Noviembre 2012.
- [40] Saquicela Fernando. Evaluación y Financiamiento de Proyectos. *Universidad de Cuenca*, 2015.